

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение автоматики и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация автоматизированной системы управления узлом учета газа

УДК 681.51-048.35:622.691-79

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Яненц Артур Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОСГН	Хаперская Алена Васильевна	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н.		

Руководитель ОАР	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Леонов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Громаков Е.И.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Яненц Артуру Александровичу

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления узлом учета газа
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: узел учета газа. Цель работы: повышение точностных и экономических характеристик автоматизированного узла учета газа. Режим работы: непрерывный.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; разработка функциональной схемы автоматизации; разработка схемы информационных потоков АС; выбор средств реализации АС; разработка схемы соединения внешних проводок; разработка алгоритмов управления АС; разработка экранной формы АС; моделирование работы системы регулирования давления.
Перечень графического материала	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013;

	структурная схема; схема соединения внешних проводок; схема информационных потоков; экранная форма; дерево экранных форм; алгоритм управления узлом учета газа.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская Алена Васильевна
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Яненц Артур Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Яненц Артуру Александровичу

Инженерная школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Задача проектируемой системы проверка показателей качества и расхода газа. Вредными факторами производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: повышенный уровень шума и вибрации, повышенный уровень электромагнитных излучений. Опасными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: электрический ток. Чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть на рабочем месте, является возникновение пожара.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	В ходе анализа производственной среды на предмет вредных факторов было выявлено следующее: 1. Повышенный уровень шумов на рабочем месте. 2. Повышенный уровень вибрации. 3. Электромагнитные излучения.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	Электрический ток (источником является датчики, исполнительные механизмы и другое электрооборудование автоматики) Взрыв и пожар (основным веществом, с которым работает УУГ, является газ, который является взрывоопасным и легко воспламеняемым веществом)
3. Охрана окружающей среды	Воздействие на гидросферу незначительное. Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом.

	Воздействие на литосферу происходит в результате производства, обслуживания и утилизации оборудования.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: утечка газа, возгорание, взрыв. Наиболее распространённым типом ЧС является пожар, взрыв.
Перечень графического материала:	
—	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Яненц Артур Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Яненц Артур Александрович

Институт	ИШИТР	Кафедра	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Изучение информации, представленной в различных публикациях, нормативно-правовых документах, изданиях.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа: выявление потенциальных клиентов, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоёмкости работ для НИИ, разработка графика проведения НИИ (диаграмма Ганта), составление бюджета НИИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИИ
4. График проведения и бюджет НИИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОСГН	Хаперская Алена Васильевна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Яненц Артур Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 106 страницах, содержит 22 рисунка, 32 таблицы, 38 источников литературы, 8 приложений.

Объектом исследования является узел учета газа, расположенный на газораспределительной станции.

Целью работы является повышение точностных и экономических характеристик автоматизированного узла учета газа.

В ходе выполнения данной работы были разработаны: функциональная схема автоматизации, структурная схема, схема информационных потоков, схема соединений внешних проводок.

Помимо этого в данной выпускной квалификационной работе подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами.

Проведена разработка алгоритмического обеспечения технологического процесса. Были разработаны такие алгоритмы, как алгоритм проверки сигнала с датчиков, алгоритм пуска в работу измерительных линий, алгоритм сбора данных с датчиков, алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром с использованием ПИД-регулятора.

Проведена разработка типовых экранных форм системы учета газа.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2013, Matlab R2015a, Siemens TIA Portal V13.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

Ключевые слова: АСУ ТП, узел учета газа, система измерения количества и показателей качества газа, измерительные линии, система автоматического регулирования, ПИД-регулятор, SCADA-система, экранные формы, алгоритм.

Глоссарий

Автоматизированная система – это совокупность аппаратных и программных средств. АС используется при управлении процессами в рамках технологического процесса.

Архитектура автоматизированной системы – это совокупность организационных решений, а также набор интерфейсов и структурных элементов.

Интерфейс – это набор правил и средств, обеспечивающих нормальное взаимодействие между устройствами, программными системами и между системой и пользователями.

Программируемый логический контроллер – микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени

Протокол – это набор команд, позволяющих осуществить обмен и соединение между программируемыми устройствами.

Технологический процесс – это последовательные технологические операции, которые необходимы, чтобы выполнить определённый вид работ.

SCADA – это инструментальная программа, предназначенная для проектирования ПО АСУ.

OPC-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам OPC.

SQL – язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных.

Обозначения и сокращения

АС – Автоматизированная система;
АСУ – Автоматизированная система управления;
АУУГ – Автоматизированный узел учета газа;
АРМ – Автоматизированное рабочее место;
АЦП – Аналого-цифровой преобразователь;
БИЛ – Блок измерительных линий;
БД – База данных;
ИЛ – Измерительная линия;
КИПиА – Контрольно-измерительные приборы и автоматика;
ЛВС – Локальная вычислительная сеть;
НС – Нержавеющая сталь;
ПЛК – Программируемый логический контроллер;
ПО – Программное обеспечение;
ПУ – Поверочная установка;
САУ – Система автоматического управления;
СИ – Средства измерения;
СОИ – Система сбора и обработки информации;
ТП – Технологический процесс;
ФСА – Функциональная схема автоматизации.

Содержание

Введение.....	14
1 Техническое задание.....	15
1.1 Назначение и цели модернизации АСУ ТП	15
1.2 Требования к составу системы	16
1.3 Требования к системе	16
1.3.1 Требования к системе в целом	16
1.3.2 Требования к функциональным возможностям системы	16
1.3.3 Требования к техническому обеспечению	17
1.3.4 Требования к метрологическому обеспечению	18
1.3.5 Требования к программному обеспечению	19
1.3.6 Требования к математическому обеспечению	20
1.3.7 Требования к информационному обеспечению	20
1.3.8 Нормативно-техническая документация	21
2 Разработка АУУГ	23
2.1 Описание ТП.....	23
2.2 Разработка структурной схемы.....	24
2.3 Функциональная схема автоматизации.....	25
2.4 Создание схемы информационных потоков.....	27
2.5 Выбор контроллерного оборудования АУУГ	31
2.6 Выбор датчиков	34
2.6.1 Выбор датчиков давления	34
2.6.2 Выбор датчиков температуры.....	36
2.6.3 Выбор датчика расхода.....	38
2.6.4 Выбор анализатора температура точки росы	43
2.6.5 Выбор анализатора влажности газа.....	45
2.7 Выбор исполнительных механизмов.....	46
2.7.1 Выбор регулирующего клапана	46
2.8 Создание схемы внешних проводок	48
2.9 Выбор алгоритмов управления АС АУУГ.....	50
2.9.1 Алгоритм проверки сигнала с датчиков	50
2.9.2 Алгоритм пуска в работу измерительных линий.....	50
2.9.3 Алгоритм сбора данных с датчиков	51

2.9.4	Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром	51
2.10	Экранные формы АС УУГ	60
2.10.1	Разработка дерева экранных форм	60
2.10.2	Разработка экранных форм АС УУГ	60
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	62
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	62
3.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	62
3.1.2	Анализ конкурентных технических решений	63
3.1.3	Технология QuaD	65
3.1.4	SWOT – анализ	66
3.2	Планирование научно-исследовательских работ	69
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	69
3.2.2	Разработка графика проведения научного исследования	70
3.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	73
3.3.1	Расчет материальных затрат	73
3.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование	74
3.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	75
3.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	76
3.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	77
3.3.6	Накладные расходы	77
3.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	77
3.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	78
4	Социальная ответственность	81
4.1	Введение	81
4.2	Анализ вредных и опасных факторов	81
4.2.1	Анализ вредных факторов	82
4.2.2	Анализ опасных факторов	85
4.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	87
4.3.1	Пожарная безопасность	87
4.3.2	Взрывобезопасность	87
4.3.3	Используемые стандарты	88

Заключение	90
Список источников	91
Приложение А	95
Приложение Б	96
Приложение В	97
Приложение Г	98
Приложение Д	99
Приложение Е	103
Приложение Ж.....	104
Приложение З	105

Введение

Автоматизированные системы управления технологическим процессом позволяют решать множество задач, приводящих к замещению человеческого труда аппаратным. Вследствие чего уменьшается влияние человеческого фактора на технологический процесс, происходит упрощение задач, выполняемых человеком. Современные технологии позволяют контролировать процессы на предприятии на всех уровнях производства и управлять ими в режиме реального времени.

Система измерения количества и параметров качества газа обеспечивает автоматизированный коммерческий учет природного газа. Узел учета газа представляет собой комплекс средств измерений, которые дают информацию по таким показателям, как объемный, массовый расход, давление, температура, влажность газа и т.д.

Проанализировав вышесказанное, можно прийти к выводу, что узел учёта газа играет важную роль в системе транспортировки природного газа, и его модернизация положительно отразится на технологическом процессе в целом.

Объектом исследования является узел учета газа, расположенный на газораспределительной станции.

Целью работы является повышение точностных и экономических характеристик автоматизированного узла учета газа.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение и описание технологического процесса учета и определения качества газа.
2. Разработка функциональной схемы автоматизации.
3. Разработка структурной схемы АС.
4. Выбор средств автоматизации.
5. Разработка схемы внешних проводок.
6. Разработка экранной формы АСУ ТП.
7. Разработка алгоритмов автоматического управления.

1 Техническое задание

1.1 Назначение и цели модернизации АСУ ТП

Модернизация узла учета газа необходима, поскольку отсутствовали алгоритмы автоматического управления измерительными линиями, такие как: алгоритм проверки сигнала с датчиков, алгоритм пуска в работу измерительных линий, алгоритм сбора данных с датчиков, алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром. Помимо этого использовались турбинные расходомеры, которые характеризуются низкой надежностью, достаточно высокой погрешностью, а также отсутствием возможности передачи данных удаленно в реальном времени. Стоит отметить, что вследствие отсутствия анализаторов влажности не представлялось возможным определять качество транспортируемого газа.

В связи с непрерывностью технологического процесса при транспортировке газа по трубопроводу, важно разработать Автоматизированную систему (АС) автоматического регулирования, сигнализации и контроля технологическим процессом. Данная система обязана обеспечить безопасную работу участка, учитывая технологические параметры процесса и сигнализируя об отклонениях данных параметров.

Основные задачи, которые способна решать разработанная АСУ ТП:

- улучшение качества ведения ТП и его безопасности;
- увеличение скорости действий работников благодаря повышению уровня достоверности и информативности данных;
- повышение технико-экономических показателей работы УУГ (повышение качества и снижение потерь газа, снижение эксплуатационных затрат, снижение трудоемкости по управлению и контролю ТП);
- улучшение трудовых условий;
- увеличение организации управления ТП.

1.2 Требования к составу системы

Система состоит из:

1. Блок измерительных линий (БИЛ):
 - число рабочих измерительных линий – 2.
2. Блок измерений параметров газа:
 - наличие приборов: влагомер;
 - датчики: расхода, температуры и давления на выходе.
3. Технологические трубопроводы.
4. Шкафы приборные.
5. Система сбора и обработки информации (СОИ).

1.3 Требования к системе

1.3.1 Требования к системе в целом

Разрабатываемая автоматизированная система управления обязана отвечать требованиям ГОСТ 21.408-13 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом нижеизложенных требований [1].

1.3.2 Требования к функциональным возможностям системы

Система должна иметь структуру, которая соответствует магистрально-модульному принципу построения, также необходима сетевая организация обмена информацией между устройствами [2].

Для подключения к разрабатываемой системе смежных систем и приборов с интерфейсным выходом, последние должны заказываться заказчиком и поставляться в комплекте с протоколами связи.

Необходимо, чтобы система функционировала круглосуточно.

Система должна иметь переносные и встроенные средства диагностирования и контроля, которые в свою очередь обязаны обеспечивать:

- Фоновый контроль компонентов АС (контроллеры, станции персонала и операторов) во время функционирования.
- Тестовый контроль компонентов при включении или перезапуске, предназначенный для детального самоконтроля и определения функциональных отказов при включении устройства.
- Контроль элементов системы при проведении ремонтно-восстановительных работ.

Система должна иметь гибкую структуру, легко адаптироваться к изменению технологической схемы установки, обеспечивать конфигурирование новых контуров измерения, контроля, регулирования и программно-логического управления.

Система должна обеспечивать возможность управления установкой в случае несущественных изменений технологии или методов управления путем переналадки контуров управления силами обслуживающего персонала.

Система должна быть многофункциональным, восстанавливаемым, ремонтируемым изделием.

1.3.3 Требования к техническому обеспечению

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть минимально достаточным для обеспечения функций, указанных в данном техническом задании. Построение комплекса проводится на базе нижеуказанных программно-технических комплексов:

- Контрольно-измерительные приборы и автоматика (датчики, исполнительные механизмы, управляемые регуляторы и т.д.).
- Контроллеры или подсистемы управления.
- Станция оператор.
- Средства архивирования данных.
- Сетевое оборудование.

Средства измерения (СИ) используемые в данном комплексе должны иметь стандартные сигналы диапазоном 4-20 мА. Для обработки поступающих с СИ сигналов и управления заданными параметрами, подсистемы управления должны быть оснащены следующими модулями:

- Ввода сигналов диапазона 4-20мА как со встроенными барьерами искрозащиты, если средство измерения расположено на взрыво- или пожароопасном участке, так и без них.
- Входа милливольтовых сигналов со встроенными барьерами искрозащиты, если средство измерения расположено на взрыво- или пожароопасном участке.
- Ввода дискретных сигналов.
- Вывода аналоговых токовых сигналов (модуль управляющих воздействий).
- Вывода дискретных управляющих сигналов (модуль управляющих воздействий).

Комплекс технических средств должен удовлетворять требованиям устойчивости, а именно безотказная работа в заданном режиме в реальных условиях окружающей среды или искусственно создаваемых на местах их размещения. Применяемые технические средства должны:

- быть ремонтпригодными и заменяемыми;
- работать от питания промышленных сетей [3].

1.3.4 Требования к метрологическому обеспечению

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений не должны превышать значений, указанных в ГОСТ Р 8.595-2004.

В составе системы должны применяться СИ, внесенные в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и допущенные к применению в установленном порядке. Данные СИ должны проходить первичную и периодическую поверки в установленном

законодательством Российской Федерации порядке, органами Росстандарта или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц при выпуске из производства или ремонта и эксплуатации [4].

Первичную и периодическую поверки средств измерений, входящих в состав системы, проводят в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Поверка термометров – по ГОСТ 8.279.
2. Поверка преобразователей давления – по МИ 1997.
3. Поверка манометров – по МИ 2124.
4. Поверка влагомера – по рекомендации государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ).

1.3.5 Требования к программному обеспечению

Программные средства разрабатываемой системы управления технологическим процессом обязаны соответствовать перечисленным требованиям:

- функциональная достаточность;
- восстанавливаемость;
- возможность модификации;
- построение модульным типом;
- удобство использования.

Программные средства должны быть достаточными для обеспечения заданного функционала системы при их совместной работе с техническими средствами. Построение программного обеспечения должно отвечать требованию независимости: отсутствие отдельных данных не должно оказывать влияния на выполнении функций автоматизированной системы управления технологическим процессом узла учета газа (АСУ ТП УУГ), в работе которых эти данные не участвуют.

Программное обеспечение АС должно состоять из системного, общего прикладного и специального прикладного ПО [5].

1.3.6 Требования к математическому обеспечению

Разработка математического обеспечения должна производиться с учетом требований, которые предъявляют системам, работающим в режиме реального времени.

Разработка математического обеспечения АСУ ТП разделяется на:

- создание алгоритмов функционального назначения (задачи обработки информации контроллерами);
- создание алгоритмов специального назначения.

Математическое обеспечение ПЛК представлено в таблице 1

Таблица 1 – Математическое обеспечение ПЛК

Функции первичной обработки аналоговых сигналов	Управляющие и противоаварийные функции
Расчет действительных значений	Регулирование параметров
Фильтрация	Управление (программно-логическое)
Сравнение со значением уставки	Противоаварийная защита
Формирование сигналов нарушений	
Создание массивов данных значений параметра	
Наличие ПИД регулятора	

1.3.7 Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение – набор данных, сигналов (входных и выходных), достаточный как по объему, так и по содержанию, для обеспечения стабильной работы всех автоматизированных функций АС, оперативной и достоверной оценки состояния оборудования. Одной из

основных задач при разработке информационного обеспечения является организация человеко-машинного интерфейса.

Информационное обеспечение включает в себя:

- информационные массивы, в которые входят входная аналоговая и дискретная информация, результаты расчетов и наиболее значимые промежуточные результаты, а также справочная информация;
- описание процедуры передачи и сбора необходимой информации;
- систему, организующую базу данных в реальном времени и архивных данных;
- формы различных выходных документов, таких как входные листы и ведомости;

1.3.8 Нормативно-техническая документация

Разработка АСУ ТП выполнена, основываясь на утвержденные технологические схемы в соответствии с действующими руководящими и нормативными документами:

- 1) МИ 2773-2002 Государственная система обеспечения единства измерений.
- 2) Правила устройства электроустановок (ПУЭ), издание 6, 7.
- 3) СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации».
- 4) ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
- 5) Федеральный закон от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ.
- 6) Федеральный закон от 22.07.2008 года N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
- 7) «Руководство по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», утвержденные

приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27 декабря 2012г. №784».

2 Разработка АУУГ

2.1 Описание ТП

Функциональная схема узла учета газа (УУГ) представлена в приложении А.

С измерительных установок, которые находятся на кустах месторождения, газонефтяная смесь поступает в коллектор сбора и затем подается на вход установки предварительного отделения газа (УПОГ). В результате движения по сборным коллекторам газонефтяной смеси наблюдается падение давления, которое может привести к частичному выделению газа из смеси [6].

После сепараторной установки газ по трубопроводу поступает на газокompрессорную станцию (ГКС). На ГКС, газ проходит технологическую обработку, где удаляются избытки влаги и механические примеси. После ГКС газ по трубопроводу поступает на узел учета газа.

УУГ состоит из двух ниток трубопровода. Данные нитки имеют одинаковый диаметр и являются основной и резервной.

На нитках установлены клапана как при входе, так и при выходе из УУГ. Они служат как для загрузки трубопровода, так и для отсечения какой либо из ниток при необходимости.

На каждой нитке определяется:

- давление газа;
- температура газа;
- расход газа;
- влажность.

Все показания автоматически передаются на распределительный щит в помещение контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА), после они передаются на монитор оператора в виде, таблицы.

На нитках так же установлены дублирующие устройства виде манометра, датчика температуры, ртутного градусника.

Все электроприводы от датчиков находящиеся в помещении УУГ проведены в помещение КИПиА на щиты распределители. Каждый датчик имеет выход на определенный щит. В помещении КИПиА находятся несколько распределительных щитов:

- контроллер;
- датчик загазованности;
- сирена пожарной тревоги;
- вентиляционная система;

С распределительных щитов помещения КИПиА информация всех устройств поступает на монитор оператора.

2.2 Разработка структурной схемы

Структурная схема системы приведена в приложении Б.

Разрабатываемая система должна иметь структуру, которая соответствует магистрально-модульным принципам построения, а также иметь сетевую организацию обмена информацией между своими устройствами и обладать распределенным программным обеспечением и базой данных, доступной всем абонентам локально вычислительной сети (ЛВС) [1].

Необходимо, чтобы система обладала распределенной, иерархической структурой построения и включала:

- первичные средства автоматизации, например, датчики и измерительные приборы, а также приборы местного контроля и исполнительные устройства (ИУ). Все перечисленное является полевым уровнем. Стоит отметить, что основным назначением полевого уровня является преобразование технологических параметров в сигналы, а также преобразование сигналов управления в управляющие воздействия;
- средним уровнем системы являются программно-аппаратные средства, которые построены на программируемых логических

контроллерах (ПЛК). Стоит отметить, что ПЛК собирает и обрабатывает информацию, затем реализует алгоритмы автоматического регулирования и программно-логического управления, защищает и блокирует процессы, а также обменивается данными с вышестоящим уровнем и реализует команды вышестоящего уровня. Для повышения надежности системы, согласно МИ 2825-2003, рекомендуется организовать «горячее» резервирование;

- на верхнем уровне системы находятся средства дистанционного управления и контроля ТП операторского пункта. Основным назначением данного уровня является объединение всех компонентов системы в общую информационную систему, а также реализация функций ЧМИ (человеко-машинный интерфейс).

Для взаимодействия контроллера на нижнем уровне с полевыми датчиками и исполнительными устройствами используются каналы связи 4..20мА.

Контроллеры и коммутатор взаимодействуют посредством локальной сети Ethernet. Также используя локальные сети Ethernet, взаимодействуют между собой коммутатор и компьютеры оператора АСУ [8].

2.3 Функциональная схема автоматизации

На функциональной схеме автоматизации отображаются основные технические решения, принимаемые в процессе проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами. Основное и вспомогательное оборудование вместе с встроенными в него регулирующими и запорными органами в данных системах является объектом управления.

Функциональная схема – это технический документ, который определяет функционально-блочную структуру контуров управления технологическим процессом. Также на функциональной схеме автоматизации

отображаются приборы и средства автоматизации, которыми оснащен объект управления.


Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений.


В процессе разработки функциональной схемы автоматизации решаются следующие задачи:

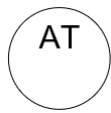
- получение первичной информации о состоянии оборудования и технологического процесса;
- регистрация и контроль технологических параметров процессов и контроль состояния технологического оборудования;
- непосредственное воздействие на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса.


В приложении А приведена функциональная схема автоматизированного узла учета газа, разработанная по ГОСТ 21.408–2013 [1].

На функциональной схеме приведены следующие обозначения:

1)  Прибор для измерения расхода бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.


2)  Прибор для измерения температуры бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.


3)  Прибор для измерения влажности бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.


4)  Прибор для измерения точки росы бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.


5)  Прибор для измерения давления показывающий, установленный по месту.


6)  Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту.

7)  Вторичный показывающий прибор для измерения температуры, установленный удалённо.

8)  Вторичный показывающий прибор для измерения влажности, установленный удалённо.

9)  Вторичный показывающий прибор для измерения точки росы, установленный удалённо.

10)  Вторичный показывающий прибор для измерения расхода, установленный удалённо.

11)  Оборудование для управления давлением, установленное удалённо [9].

2.4 Создание схемы информационных потоков

Схема информационных потоков приведена в приложении В.

Данную схему можно разделить на несколько уровней:

1. На первом уровне представлены датчики, исполнительные устройства и шкаф модулей ввода – вывода. Отсюда на средний уровень

поступают необходимые данные и сигналы (дискретные, аналоговые) измерения и состояния. Взамен со среднего уровня к датчикам и исполнительным устройствам поступают команды управления и настройки [10].

2. На следующем уровне ПЛК направляет потоки преобразованной информации, как на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, так и в сервер архивирования. АРМ принимает и отображает полученную информацию. От АРМ могут поступать команды управления, передаваемые на ПЛК. Действия оператора в виде журналов событий, системных сообщений направляются в сервер архивирования. В сервере архивирования вся полученная информация структурируется, после чего информация передается в базы данных. Обращаться к базе данных возможно посредством SQL запросов, например, «Показать данные о параметрах ТП за сутки (неделю)» и т.п.

3. Верхний уровень представлен базой данных информационной сети и АРМ диспетчера, общение между которыми происходит также по средствам SQL запросов.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- объем газа, м³/ч;
- температура газа, °С;
- давление газа, МПа;
- влажность газа, %.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра для сигналов от датчиков имеет следующий вид: «AAA_BBB_CC», где

- AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:
 - PRS – давление;
 - TMP – температура;

- CON – расход;
- HUM –влажность;
- DEW– точка росы.
- BBV – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
 - IL1 – Измерительная линия 1;
 - IL2 – Измерительная линия 2;
- CC – уточнение или примечание, не более 2 символов:
 - LT – минимальное значение температуры;
 - HT – максимальное значение температуры;
 - LT – минимальное значение давления;
 - HT – максимальное значение давления;

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Структура шифра для трубопроводной арматуры принимает следующий вид: «AAB_C», где

- AA – идентификатор типа трубопроводной арматуры. В данной работе используются только клапана, следовательно, идентификатор всегда будет принимать значение «KL».
- B – номер клапана в функциональной схеме автоматизации;
- C – идентификатор положение клапана, состоящий из одной буквы, которая может принимать значение:
 - O – открыт;
 - C – закрыт.

Для управления положением клапана к тегу перед идентификатором положения добавляется буква «C»:

- CC – команда на закрытие клапана:
- CO – команда на открытие клапана.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Кодировка сигналов SCADA

Кодировка	Тип данных	Расшифровка кодировки
TMP_1IL	REAL	Температура на ИЛ1
PRS_1IL	REAL	Давление газа на ИЛ1
CON_1IL	REAL	Расход газа на ИЛ1
TMP_2IL	REAL	Температура газа на ИЛ2
PRS_2IL	REAL	Давление газа на ИЛ2
DEW_1IL	REAL	Точка росы на ИЛ1
DEW_2IL	REAL	Точка росы на ИЛ2
HUM_1IL	REAL	Влажность газа на ИЛ1
HUM_2IL	REAL	Влажность газа на ИЛ2
TMP_1IL_LT	BOOL	Минимальное значение температуры на ИЛ1
TMP_1IL_HT	BOOL	Максимальное значение температуры на ИЛ1
TMP_2IL_LT	BOOL	Минимальное значение температуры на ИЛ2
TMP_2IL_HT	BOOL	Максимальное значение температуры на ИЛ2
PRS_1IL_LP	BOOL	Минимальное значение давления на ИЛ1
PRS_1IL_HP	BOOL	Максимальное значение давления на ИЛ1
PRS_2IL_LP	BOOL	Минимальное значение давления на ИЛ2
PRS_2ILHP	BOOL	Максимальное значение давления на ИЛ2
KL2_O	BOOL	Клапан 2 открыт
KL2_C	BOOL	Клапан 2 закрыт
KL6_O	BOOL	Клапан 6 открыт
KL6_C	BOOL	Клапан 6 закрыт
KL8_O	BOOL	Клапан 8 открыт
KL8_C	BOOL	Клапан 8 закрыт
KL10_O	BOOL	Клапан 10 открыт

KL10_C	BOOL	Клапан 10 закрыт
KL12_O	BOOL	Клапан 12 открыт
KL12_C	BOOL	Клапан 12 закрыт
KL2_CO	BOOL	Открыть клапан 2
KL2_CC	BOOL	Заккрыть клапан 2
KL6_CO	BOOL	Открыть клапан 6
KL6_CC	BOOL	Заккрыть клапан 6
KL8_CO	BOOL	Открыть клапан 8
KL8_CC	BOOL	Заккрыть клапан 8
KL10_CO	BOOL	Открыть клапан 10
KL10_CC	BOOL	Заккрыть клапан 10
KL12_CO	BOOL	Открыть клапан 12
KL12_CC	BOOL	Заккрыть клапан 12

2.5 Выбор контроллерного оборудования АУУГ

При проектировании автоматизированной системы управления технологическим процессом очень важно правильно выбрать контроллерное оборудование. Основными требованиями к ПЛК являются: количество встроенных каналов связи, срок гарантийного обслуживания, время наработки на отказ, интерфейс, стоимость. Сравнительная характеристика контроллеров ОВЕН ПЛК160, SIMATIC S7-1200, OMRON CP1H представлена в таблице 3 [11], [12], [13].

Таблица 3 – Сравнение ПЛК

Критерий сравнения	ОВЕН ПЛК160	SIMATIC S7-1200	OMRON CP1H
Встроенные каналы	DI/DO – 16/12 AI/AO – 8/4	DI/DO – 14/10 AI/AO – 2/2	DI/DO – 12/8 AI/AO – 4/2
Гарантийное обслуживание	24 месяца	24 месяца	12 месяцев
Средняя наработка на	100 000 ч.	262 800 ч.	120 000 ч

отказ			
Интерфейсы	RS 485/422, Ethernet	RS 485/422, Ethernet	RS 485/422, Ethernet
Цена	24 000 р.	36 000 р.	45 000 р.

Проанализировав таблицу 3 можно прийти к выводу, что несмотря на то, что ОВЕН ПЛК160 имеет меньшую стоимость и большее количество встроенных каналов связи, SIMATIC S7-1200 является модульным ПЛК и имеет возможность добавления различных модулей, а также данный контроллер имеет среднюю наработку на отказ практически в 3 раза больше чем у конкурентов. Поэтому в связи с тем, что необходимо обеспечить надежную работу системы выберем SIMATIC S7-1200.



Рисунок 1 – S7-1200

Программируемые контроллеры S7-1200 имеют компактные пластиковые корпуса со степенью защиты IP20, могут монтироваться на стандартную 35 мм профильную шину DIN или на монтажную плату и работают в диапазоне температур от 0 до +50 °C. Они способны обслуживать от 10 до 284 дискретных и от 2 до 51 аналогового канала ввода-вывода [12].

К центральному процессору (CPU) программируемого контроллера S7-1200 могут быть подключены коммуникационные модули, сигнальные

модули и сигнальные платы ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, технологические модули. Совместно с ними используются 4-канальный коммутатор Industrial Ethernet (CSM 1277) и модуль блока питания (PM 1207).

Центральный процессор обладает высокой производительностью и обеспечивает поддержку широкого набора функций:

- Программирование на языках LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) и SCL (Structured Control Language), исчерпывающий набор команд.
- Высокое быстродействие, время выполнения логической операции не превышает 0.1 мкс.
- Встроенная загружаемая память объемом до 4 Мбайт, расширяемая картой памяти емкостью до 4 Гбайт.
- Рабочая память емкостью до 150 Кбайт.
- Энергонезависимая память емкостью 10 Кбайт для необслуживаемого сохранения данных при перебоях в питании контроллера.
- Встроенные дискретные входы универсального назначения, позволяющие вводить потенциальные или импульсные сигналы.
- Встроенные аппаратные часы реального времени с запасом хода при перебоях в питании 20 дней.
- Встроенные скоростные счетчики с частотой следования входных сигналов до 1 МГц.
- Встроенные импульсные выходы с частотой следования импульсов до 1 МГц (только в CPU с транзисторными выходами).
- Поддержка функций ПИД регулирования.
- Поддержка функций управления перемещением в соответствии с требованиями стандарта PLCopen.
- Поддержка функций обновления операционной системы.

- Встроенный WEB – сервер, позволяющий выполнять дистанционную диагностику программируемых контроллеров с использованием стандартного Web браузера.

- Парольная защита программы пользователя.

- Коммуникационные модули CM 12xx и CP 12xx для подключения контроллера к сети Industrial Ethernet, PROFIBUS DP, обмена данными через последовательные каналы связи, мобильную сеть GSM, каналы связи систем телеуправления.

2.6 Выбор датчиков

2.6.1 Выбор датчиков давления

Для проектирования АУУГ были рассмотрены датчики давления: Rosemount 3051S и Метран-150. Сравнение данных датчиков приведено в таблице 5 [14], [15].

Таблица 5 – Сравнение датчиков давления

Критерий сравнения	Rosemount 3051S	Метран-150
Измеряемая величина	Избыточное давление, разность давлений, абсолютное давление	Избыточное давление, разность давлений, абсолютное давление
Рабочая среда	Газ, жидкость, газожидкостная смесь	Газ, жидкость, газожидкостная смесь
Основная приведенная погрешность	До $\pm 0,075\%$	До $\pm 0,085\%$
Давление рабочей среды, МПа	От 0 до 68	От 0 до 68
Средняя цена	От 40000 руб.	От 50000 руб.

Основываясь на данных таблицы 5, следует вывод, что наиболее удачным будет выбор датчика давления Rosemount 3051S, так как этот датчик имеет меньшую погрешность измерения и меньшую стоимость.



Рисунок 2 – Датчик давления Rosemount 3051S

Опишем принцип действия представленного преобразователя давления. Со стороны среды на мембрану оказывается давление. Чувствительным элементом является тензорезистор, меняющий сопротивление в зависимости от оказываемого на него давления. Величина сопротивления преобразуется в токовый сигнал и передается в модуль аналогового ввода АСУ [14].

Верхний предел измерения давления достаточно велик, и, с целью упрощения эксплуатации системы, для измерения давления в других точках можно использовать его же, но калибровать в соответствии с позицией.

Также выберем показывающий манометр класса точности 0.6, произведенный компанией «Манотомь».



Рисунок 3 – Манометр показывающий

2.6.2 Выбор датчиков температуры

Для проектирования автоматизированного узла учета газа необходимо выбрать датчик температуры. Были рассмотрены два варианта датчиков температуры: Rosemount-644 и WIKA TR10-C [16], [17].



Рисунок 4 – Датчик температуры Rosemount 644



Рисунок 5 – Датчик температуры WIKA TR10-C

Сравнительная характеристика приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнение датчиков температуры

Техническая характеристика	Rosemount 644	WIKА TR10-C
Рабочая среда	Газ, жидкость, газожидкостная смесь	Газ, жидкость, газожидкостная смесь
Диапазоны преобразуемой температуры	-200...850 °C	-150...700 °C
Пределы приведенной основной погрешности	±0,18 °C	±0,2 °C
Выходной сигнал	4...20 мА	4...20 мА
Наличие	+	+
Степень защиты от воды и	IP65	IP65
Чувствительный элемент	Платиновый термометр сопротивления	Платиновый термометр сопротивления

Протоколы связи с компьютерной средой	HART, Foundation Fieldbus, Profibus	HART, Foundation Fieldbus, Profibus
Цена	от 45т.р	5 т.р

Основываясь на данных таблицы 6, следует вывод, что наиболее удачным будет выбор датчика температуры WIKA TR10-C, поскольку диапазон и погрешность данного датчика удовлетворяет требованиям технологического процесса, а его цена в разы меньше, чем у конкурента.

Высокоточный измерительный преобразователь WIKA TR10-C с возможностью передачи данных по протоколам HART, FOUNDATION Fieldbus или PROFIBUS.

Особенности измерительного преобразователя:

- Поддержка протоколов HART/ 4-20 мА, Foundation fieldbus или Profibus PA;
- Согласование измерительного преобразователя с первичным преобразователем уменьшает погрешность системы на 75%;
- Сертификат калибровки по 3 точкам.
- Модель TR10-C имеет высокую точность измерения и стабильность.
- Имеет широкий диапазон рабочих температур.

Принцип действия датчика температуры основан на преобразовании сигнала сенсора в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4-20 мА с наложенным на него цифровым частотно-модулированным сигналом в стандарте HART, либо в стандартный выходной сигнал с цифровым протоколом FOUNDATION Fieldbus. Сигнал с сенсора поступает на вход измерительного преобразователя (ИП), где преобразуется с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) в дискретный сигнал. Дискретный сигнал обрабатывается с помощью микропроцессорного преобразователя (МП). С выхода МП дискретный сигнал поступает либо на модулятор цифрового протокола FOUNDATION Fieldbus, либо на

цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), где происходит преобразование в унифицированный аналоговый сигнал 4-20 мА. ИП с токовым выходным сигналом 4-20 мА, также содержит частотный модулятор HART протокола, который накладывается на аналоговый токовый сигнал [17].

Выбранный датчик температуры используется для измерения температуры газообразных и жидких сред, по отношению к этим средам материал арматуры устойчив к коррозии. Вмонтированный в головку датчика преобразователь представляет измеряемую температуру в выходной сигнал постоянного тока. WIKA TR10-C можно использовать во взрывоопасных зонах.

2.6.3 Выбор датчика расхода

Для выбора датчика расхода необходимо рассмотреть различные типы расходомеров и выбрать наиболее оптимальный для разрабатываемой системы:

1. Струйно-акустический газовый расходомер. Учет газа в данных типах устройств происходит за счет вычисления количества колебаний потока газа, проходящего через специальные отверстия. В зависимости от количества колебаний за единицу времени вычисляется объем израсходованного газа.

К достоинствам таких устройств можно отнести их невысокую стоимость, небольшие размеры, а также простоту в установке. Однако у некоторых струйно-акустических расходомеров наблюдается самопроизвольный учет не потребленного газа, в следствие посторонний вибрации.



Рисунок 6 – Струйный расходомер TurboFlow GFG -F

2. Ультразвуковые газовые расходомеры. Принцип работы данного прибора основан на сравнении времени прохождения ультразвукового импульса через среду в направлении, совпадающем с направлением движения среды, и в обратном. Два ультразвуковых преобразователя, которые установлены под углами к потоку газа, работают попеременно как передатчик и приемник. Сигналы, переданные в направлении движения среды, ускоряются, а против движения потока – замедляются.

Результирующая разница времени передачи сигналов используется, чтобы определить значение скорости потока газа. Используя расстояние между преобразователями, вычисляется значение объемного расхода газа. На корректность измерений не влияет давление, температура или состав газа.



Рисунок 7 – Ультразвуковой расходомер Q.Sonic plus

3. Расходомерами переменного перепада давления называются измерительные приборы, принцип действия которых основан на измерении перепада давления, создаваемого при протекании жидкого или газообразного вещества, каким-либо сужающим устройством, установленным внутри трубопровода. При протекании жидкого или газообразного вещества через сужающее устройство вследствие перехода части потенциальной энергии давления в кинетическую энергию средняя скорость потока в суженном сечении повышается. В результате этого статическое давление потока после сужающего устройства становится меньше, чем перед ним. Разность этих давлений (перепад давления) зависит от расхода протекающего вещества и может служить мерой расхода [18].



Рисунок 8 – Расходомер Метран™ 350

Сравнительная характеристика расходомеров приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнительная характеристика расходомеров

Тип расходомера	Достоинства	Недостатки
Струйно-акустический	Низкая цена Простота конструкции	Невысокая точность Потери давления
Ультразвуковой	Высокая точность Защищенность измерительной системы Возможность функционирования без	Высокая цена

	потери давления при низких температурах	
Переменного перепада давления	Сравнительно высокая точность Удобство и универсальность метода измерения	Потеря энергии

Проанализировав таблицу 7, можно сделать вывод, что наиболее оптимальным будет выбор ультразвукового расходомера, который обладает высокой точностью и не имеет потерь энергии при измерении.

Далее рассмотрим различные варианты ультразвуковых расходомеров и выберем оптимальный. Рассматривались: Turbo Flow UFG-F, FLOWSIC600, Q.Sonic plus [19], [20], [21].

Сравнительная характеристика представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Сравнение ультразвуковых датчиков расхода

Критерий сравнения	Turbo Flow UFG-F	FLOWSIC600	Q.Sonic plus
Количество пар ультразвуковых лучей	4	2	6
Погрешность	0,3%	1%	0,3%
Интеллектуальная система самодиагностики	+	+	+
Отражение УЗ сигнала от внутренних стенок корпуса	+	-	+
Межповерочный интервал	4 года	4 года	6 лет
Максимальный объёмный расход	25000м ³ /ч	20000м ³ /ч	30000м ³ /ч

Проанализировав таблицу 8 можно прийти к выводу, что Q.Sonic plus имеет меньшую погрешность, вследствие наличия большего количества пар ультразвуковых лучей, а также больший межповерочный интервал и высокий объёмный расход, следовательно, при разработке системы выберем данный датчик расхода. Q.Sonic plus изображен на рисунке 7.

Ультразвуковые счетчики газа Q.Sonic plus предназначены для измерений объемного расхода и объема, приведенных к стандартным

условиям, однокомпонентных и многокомпонентных газов, находящихся в однофазном состоянии. Q.Sonic plus представляет собой акустический преобразователь расхода, работающий в ультразвуковом диапазоне частот, в котором он генерирует сигналы измерительной информации, основанные на измерении времени распространения ультразвукового импульса в текущей измеряемой среде [21].

Расходомер реализует метод зависимости времени прохождения ультразвукового сигнала по и против течения газа, измеряя разницу времени прохождения ультразвуковой волны между излучателями и приемниками электроакустическими вибраторами, установленными на корпусе, и, используя запрограммированные значения параметров участка трубопровода, измеряет расход и объем газа. Расходомер имеет шесть пар электроакустических вибраторов, обеспечивающих высокую надежность получения достоверных результатов измерений при различных влияющих факторах. Расходомер может производить измерения расхода газа (включая природный газ ГОСТ 30319 и попутный влажный нефтяной газ) в обоих направлениях без перенастройки.

В основе Q.Sonic plus применена технология отражения УЗ сигнала от внутренних стенок корпуса прибора, так как такой способ увеличивает длину дорожки сигнала, и, следовательно, улучшает точность обработки результатов измерения. Дополнительно, такая технология позволяет максимально контролировать всю площадь сечения потока на предмет выявления завихрений и неоднородности, поправки на которые также учитываются при определении средней скорости движения газа по сечению профиля. Электроника Q.Sonic plus может передавать и принимать УЗ сигналы в режиме кодированных пакетов импульсов, которые уменьшают воздействие шумов на процесс измерений.

Также расходомеры Q.Sonic plus имеют ряд серьезных преимуществ перед традиционными технологиями учета газа:

- Широкий измерительный диапазон (порядка 1:100 и выше).

- Практически нечувствительны к асимметрии, завихрениям и пульсациям потока газа.
- Не создают перепада давления.
- Способны измерять потоки газа в обоих направлениях без перенастройки.
- Практически нечувствительны к присутствию влаги и примесей в газе.
- Высокая точность измерений.

Интерфейсы: 2 последовательных настраиваемых порта RS232/485, 1 порт подключения по Ethernet (высокоскоростной)/VDSL, 2 частотных выхода 0-3 КГц, 2 цифровых выхода, 2 аналоговых выхода, 1 порт USB.

2.6.4 Выбор анализатора температура точки росы

Для проектирования АУУГ необходимо выбрать анализатор температуры точки росы. Были рассмотрены три варианта: HYGROVISION-BL, Condumax II, АМЕТЕК 241СЕ II. Сравнительная характеристика анализаторов температуры точки росы приведена в таблице 9 [22], [23], [24].

Таблица 9 – Сравнение анализаторов температуры точки росы

Характеристика	HYGROVISION-BL	Condumax II	АМЕТЕК 241СЕ II
Рабочая температура среды, °C	От -20 до +50	От -40 до +60	От -10 до +30
Диапазон измерения точки росы, °C	От -30 до T _{окр}	От -34 до T _{окр}	от T _{окр} -60°C до T _{окр} -5°C
Пределы абсолютной погрешности	±0,5 °C	±0,5 °C	±1 °C
Рабочее давление	от 0,1 до 30 МПа	от 0,1 до 20 МПа	от 0,1 до 14 МПа
Класс защиты	IP67	IP66	IP66

Проанализировав таблицу 9, выберем анализатор точки росы углеводородов Condumax II, данный прибор обладает широким диапазоном измерения и небольшой абсолютной погрешностью.



Рисунок 9 – Анализатор точки росы углеводородов Condumax II

Анализатор температур точки росы углеводородов Condumax II предназначен для измерения температуры точки росы (температуры конденсации) углеводородов в газах.

Область применения: контрольные лаборатории газоперерабатывающих предприятий и предприятий по транспорту газа, для контроля технологических процессов, научные исследования. Прибор может применяться во взрывоопасных зонах, в которых допускается применение приборов с обозначением по взрывозащите 1ExdIICT4.

Работа анализатора основана на первичном принципе – конденсации углеводородов на охлаждаемом зеркале. Для циклического охлаждения и нагрева зеркала применяется трехступенчатый термоэлектрический охладитель/нагреватель (элемент Пельтье). Поверхность зеркала освещается источником постоянной интенсивности. Детектирование момента конденсации осуществляется оптической системой, которая регистрирует изменение интенсивности отраженного света от поверхности охлаждаемого

зеркала. Температура зеркала определяется с помощью платинового термометра сопротивления [23].

Процессом измерения и обработкой результатов управляет встроенный микропроцессор, который также выполняет повторяющиеся измерительные циклы, состоящие из трех этапов: продувки, охлаждения и нагрева. При охлаждении и нагреве ячейки выход пробы запирается соленоидным клапаном. Диагностическая программа непрерывно контролирует ключевые рабочие параметры и ход каждого этапа измерительного цикла. На встроенный дисплей кроме значения точки росы по углеводородам выводится информация о последнем значении измеренной температуры точки росы, рабочем давлении внутри измерительной ячейки (при наличии датчика), продолжительности работы монитора, диагностика состояния работы монитора и другая служебная информация. Имеются токовые выходы 4-20 мА для непрерывной регистрации измеренной точки росы.

2.6.5 Выбор анализатора влажности газа

Среди анализаторов газа фирмы АМТЕК: модель 3050, модель 5000 и модель 5800 был выбран Анализатор влажности газов АМТЕК модель 5000, поскольку данный прибор характеризуется быстрым откликом, высокой чувствительностью и точностью, а также нечувствительностью к помехам [25], [26], [27].



Рисунок 10 – Анализатор влажности АМТЕК модель 5000

Анализатор 5000 определяет влажность в потоке газа, измеряя частоту колебаний кварцевого кристалла.

Анализатор влажности АМЕТЕК 5000 измеряет частоту колебаний кварцевого кристалла и тем самым определяет влажность в потоке газа. При обдувании кристалла анализируемым влажным газом, вода адсорбируется специальным покрытием, вызывая уменьшение частоты колебаний. Далее идет продувка кристалла сравнительным газом, в качестве которого используется осушенный анализируемый газ. Благодаря разности колебаний кристалла определяется влажность газа [26].

2.7 Выбор исполнительных механизмов

2.7.1 Выбор регулирующего клапана

Исполнительное устройство – устройство в АСУ, реализующее управляющие воздействия со стороны регулятора на объект управления посредством механического перемещения регулирующего органа.

С помощью регулирующего воздействия от исполнительного устройства необходимо изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

В ходе подачи газа потребителю требуется регулировать давление на входе узла учета так, чтобы оно было выше заданного давления на входе и ниже заданного исходя из условий прочности трубопровода. Клапан с электроприводом используется в качестве исполнительного механизма для регулирования давления газа. В качестве способа регулирования давления используем метод дросселирования.

В данный момент метод дросселирования потока чаще всего используется для быстрого и плавного изменения величины давления. В качестве дросселирующего устройства может выступать как задвижка (кран, вентиль), так и специальная шайба. Также используются дроссельные втулки.

Регулирование подачи клапаном обладает следующим преимуществом: с ее помощью можно быстро изменить режим работы

насоса исходя из обстоятельств, то есть если при работе насоса в переменном режиме. При этом в случае, когда требуется какая-то определенная подача, после остановки насос требуется регулировать заново, выводя его на заданный режим работы. Выберем регулирующий седельный проходной клапан VFM2 (рисунок 11) [28].



Рисунок 11 – Клапан регулирующий седельный проходной

Технические характеристики данного клапана приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики VFM2

Характеристика	Значение
Условны проход D_v , мм	250
Пропускная способность K_v , м ³ /ч	900
Ход штока, мм	50
Динамический диапазон регулирования	Более 100 : 1
Температура среды, °C	–40...150
Тип соединения	Фланцевое
Корпус клапана, крышки, седла	НС

В качестве приводов были рассмотрены Danfoss на постоянном токе, SIPOS 5 FLASH асинхронный электропривод, Auma Matic асинхронный электропривод.

This diagram shows the exploded view of the motor assembly. The components are numbered as follows: 1. Motor housing, 2. Motor, 3. Gear assembly, 4. Output shaft, 5. Piston rod, 6. Gear, 7a. Piston pin, 7b. Piston pin, 8. Piston, 9. Piston pin. The diagram illustrates the assembly sequence and the relative positions of the components.

и со встроенным преобразователем

2.8 Создание схемы внешних проводок

48

5600, расходомеры Q.Sonic plus, датчик температуры WIKA TR10-C, датчик росы AMETEK 241CE II. С расходомера, датчика температуры и датчика давления выходит унифицированный токовый сигнал 4...20 мА.

Далее на щит КИПиА сигнал передается от датчиков по кабелям.

При разработке системы был выбран контрольный кабель КВВГЭ нг, представленный на рисунке 13 [30].

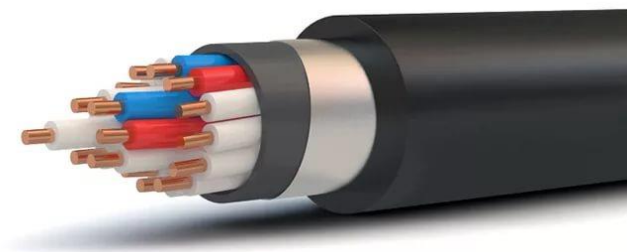


Рисунок 13 – Кабель КВВГЭ нг

Расшифровка обозначения: К – кабель контрольный, В – внутренняя изоляция из поливинилхлоридного пластиката, В – внешняя изоляция из поливинилхлоридного пластиката, Г – гибкий класс жилы, Э – экранированный, нг - не поддерживающий горения.

Соединительный кабель КВВГЭ нг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию из поливинилхлоридного пластиката, а также в оболочку из пластика пониженной горючести. Предназначен для соединения с различными электроприборами и аппаратурой с напряжением до 660 В частотой до 100 Гц.

Кабель КВВГЭ нг используется для прокладки в помещениях и кабельных сооружениях при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации и для обеспечения пожарной безопасности кабельных цепей при прокладке в пучках.

Диапазон температуры окружающей среды при эксплуатации равен от -50°C, до +50°C.

Данный тип кабелей обладает стойкостью к монтажным изгибам. Радиус изгиба контрольного кабеля с медными жилами при температуре окружающей среды 0°C с наружным диаметром не более 10 мм равен трем

диаметрам кабеля, а для кабеля с наружным диаметром от 10 до 25 мм не менее четырех диаметров.

2.9 Выбор алгоритмов управления АС АУУГ

В данной работе выберем и разработаем следующие алгоритмы управления автоматизированным узлом учета газа:

- алгоритм проверки сигнала с датчиков;
- алгоритм пуска в работу измерительных линий;
- алгоритм сбора данных с датчиков;
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

Блок схемы перечисленных алгоритмов представлены в приложении Д [31].

Листинг программ представлен в приложении 3.

2.9.1 Алгоритм проверки сигнала с датчиков

Перед пуском измерительной линии узла учета газа в работу, необходимо определить все ли датчики функционируют и подключены к системе, для этого необходимо выяснить, попадает ли токовый сигнал, приходящий с датчиков, в диапазон 4-20 мА. Если сигналы со всех датчиков находятся в данном диапазоне, следовательно, все датчики подключены и возможен дальнейший запуск измерительной линии. В противном случае, если хотя бы один датчик неисправен, на экранной форме появится соответствующее оповещение с указанием типа датчика и номера измерительной линии.

2.9.2 Алгоритм пуска в работу измерительных линий

После проверки наличия токового сигнала с датчиков, алгоритм проверяет: нажата ли кнопка включения измерительной линии. При условии, если оператор активировал одну из измерительных линий, алгоритм

проверяет, открыты ли клапана на этих линиях. Если клапан закрыт, формируется сигнал управления на исполнительное устройство клапана. В этот момент запускается таймер, за истечение времени которого необходимо, чтобы клапан полностью открылся. Стоит отметить, что в переходном положении пиктограмма соответствующего клапана окрашивается в желтый цвет. Если клапан не открылся полностью, формируется сообщение на SCADA о неисправности клапана с указанием его номера и измерительной линии, на которой он находится. При успешном открытии клапан пиктограмма окрашивается в зеленый цвет. Аналогичный алгоритм действует и на остальные клапана.

2.9.3 Алгоритм сбора данных с датчиков

В данной части алгоритма значения, получаемые с датчиков, сравниваются с максимально и минимально допустимыми. Если полученные значения не попадают в заданный интервал, то на SCADA формируется соответствующее оповещение с указанием величины и номера измерительной линии.

2.9.4 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

При измерении расхода газа необходимо, чтобы давление газа в трубопроводе, не превышало заданного уровня, основываясь на прочности трубопровода, а также, чтобы давление не опускалось ниже заданного уровня. В качестве алгоритма регулирования выберем алгоритм ПИД регулирования, который обеспечивает хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и низкую чувствительность к внешним воздействиям.

Перечислим основные элементы схемы: ПЛК с ПИД-регулятором, объект управления, регулирующий орган.

Функциональная схема представлена на рисунке 14.



Рисунок 14 – Функциональная схема автоматизации

Объектом управления является участок трубопровода после клапана. Регулирующим органом выступает клапан, управляемый электроприводом, который в данной схеме разделен на частотный преобразователь, асинхронный двигатель и редуктор.

На панели оператора устанавливается давление, которое необходимо поддерживать в трубопроводе. В ПЛК передается значение с датчика давления, затем происходит сравнение значений. Далее формируется выходной токовый сигнал, который подается на частотный преобразователь, на выходе которого формируется напряжение питания электропривода клапана. С помощью клапана с электроприводом электрическая энергия преобразуется в поступательное движение штока. Таким образом, давление в трубопроводе становится равным заданному давлению.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором передаточных функций:

Передаточная функция частотного преобразователя

Дифференциальное уравнение для частотного преобразователя выглядит следующим образом:

$$T_{\text{чп}} \frac{df}{dt} + f = k_{\text{чп}} \cdot I_3; \quad (1)$$

Частотный преобразователь представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию сети в электрическую энергию для управления клапана.

Далее, для составления передаточной функции частотного преобразователя, необходимо рассчитать коэффициент передачи и постоянную времени.

Постоянная времени для данного типа преобразователей частоты принимается равной $T_{\text{чп}} = 0,005\text{с}$.

Коэффициент передачи частотного преобразователя может быть определён в статическом режиме как отношение частоты на выходе преобразователя, обеспечивающей номинальный режим работы двигателя, к задающему току с ПЛК на входе преобразователя. Так как управление происходит током 4-20мА, а частота изменяется в диапазоне 0-50 Гц, номинальной частоте $f_{\text{н}} = 50\text{Гц}$ будет соответствовать ток $I_{\text{зн}} = 20\text{мА}$.

$$k_{\text{чп}} = \frac{f_{\text{н}}}{I_{\text{зн}}} = \frac{50}{20} = 2,5; \quad (2)$$

Таким образом, можно записать передаточную функцию частотного преобразователя:

$$W_{\text{к}}(s) = \frac{k_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}} \cdot s + 1} = \frac{2,5}{0,005 \cdot s + 1}. \quad (3)$$

Передаточная функция асинхронного двигателя

Дифференциальное уравнение для асинхронного двигателя выглядит следующим образом:

$$T_{\text{дв}} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{\text{дв}} \cdot f; \quad (4)$$

Асинхронный двигатель представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию в скорость вращения вала.

Исходя из технических характеристик двигателя, рассчитаем постоянную времени $T_{\text{дв}}$ и коэффициент передачи $k_{\text{дв}}$.

Постоянную времени примем равной $T_{\text{дв}} = 0,83\text{с}$. Коэффициент передачи двигателя может быть определён как отношение номинальной угловой скорости вращения двигателя $\omega_{\text{двн}}$ к номинальной частоте питающей сети $f_{\text{н}}$. Будем считать, согласно документации на двигатель, что

номинальная скорость равна 400 об/сек, а номинальная частота электропитания 50 Гц.

$$k_{дв} = \frac{\omega_{дв}}{f_H} = 8; \quad (5)$$

Таким образом, можно записать передаточную функцию двигателя:

$$W_{дв}(s) = \frac{k_{дв}}{T_{дв} \cdot s + 1} = \frac{8}{0,83 \cdot s + 1}. \quad (6)$$

Передаточная функция клапана

Дифференциальное уравнение для клапана выглядит следующим образом:

$$\frac{dP_{вх}}{dt} = \lambda; \quad (7)$$

Клапан представляет собой интегрирующее звено, которое преобразует степень открытия λ клапана в давление на выходе.

Таким образом, можно записать передаточную функцию клапана:

$$W_{к}(s) = \frac{1}{s}. \quad (8)$$

Передаточная функция трубопровода

Объектом управления является участок трубопровода после клапана. Передаточная функция объекта управления может быть описана апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием [10]:

$$W_{тр}(s) = \frac{1}{T \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau_0 \cdot s}; \quad (9)$$

$$\tau_0 = \frac{L \cdot f}{P}; \quad (10)$$

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{P}; \quad (11)$$

$$c = \frac{P}{f} \cdot \sqrt{\frac{p}{2 \cdot \Delta p \cdot g}}; \quad (12)$$

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4}. \quad (13)$$

Исходные данные для участка трубопровода представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Исходные данные

Величина	Значение
P – Давление после клапана	0,7 МПа
L – Длина участка трубопровода	5 м
Δp – Перепад давления в трубопроводе	0,05 МПа
ρ – Плотность газа	0,72 кг/м ³
d – Диаметр трубы	0,25 м

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} = 0,39; \quad (14)$$

$$c = \frac{P}{f} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot \Delta p \cdot g}} = \frac{0,7}{0,39} \cdot \sqrt{\frac{0,72}{2 \cdot 0,05 \cdot 9,8}} = 1,54; \quad (15)$$

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{P} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 0,07 \cdot 1,54^2}{0,7} = 2,37; \quad (16)$$

$$\tau_0 = \frac{L \cdot f}{P} = \frac{5 \cdot 0,39}{0,7 \cdot 10^6} = 2,78 \cdot 10^{-6}; \quad (17)$$

$$W_{\text{тр}}(s) = \frac{1}{2,37 \cdot s + 1} \cdot e^{-2,78 \cdot 10^{-6} \cdot s}. \quad (18)$$

В связи с тем, что транспортное запаздывание незначительное, вследствие небольшой длины трубопровода им можно пренебречь.

Датчик расхода согласно литературным источникам можно считать безынерционным звеном [10].

Редуктор можно считать безынерционным звеном. Коэффициент передачи для редуктора выберем равный 0,02, таким образом, за один оборот

при номинальной скорости двигатель способен переводить клапан в полностью закрытое или открытое положение.

Далее смоделируем полученную систему в Simulink.

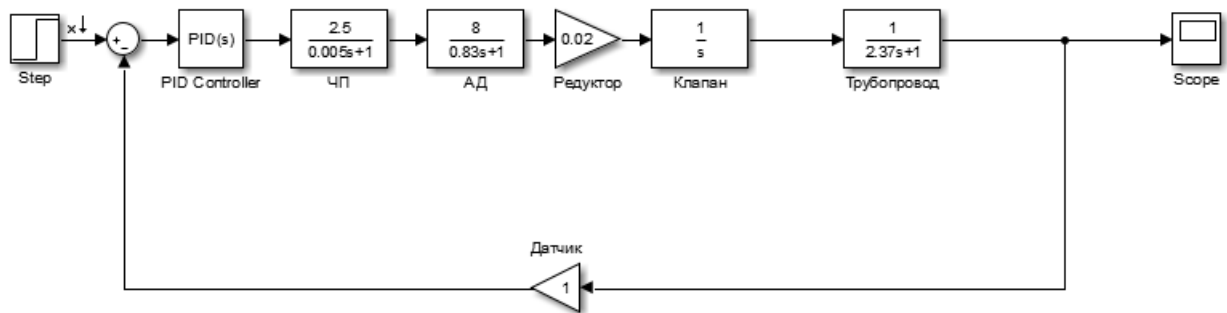


Рисунок 15 – Модель в Simulink

Настроим ПИД – регулятор вручную. Для этого воспользуемся методом Циглера-Никольса. В системе выключаются интегральная и дифференциальная составляющие ПИД-регулятора, то есть система переводится в П-закон регулирования. Далее систему выводят на границу колебательной устойчивости. При возникновении данного режима работы фиксируются значения критического коэффициента усиления регулятора и периода критических колебаний в системе.

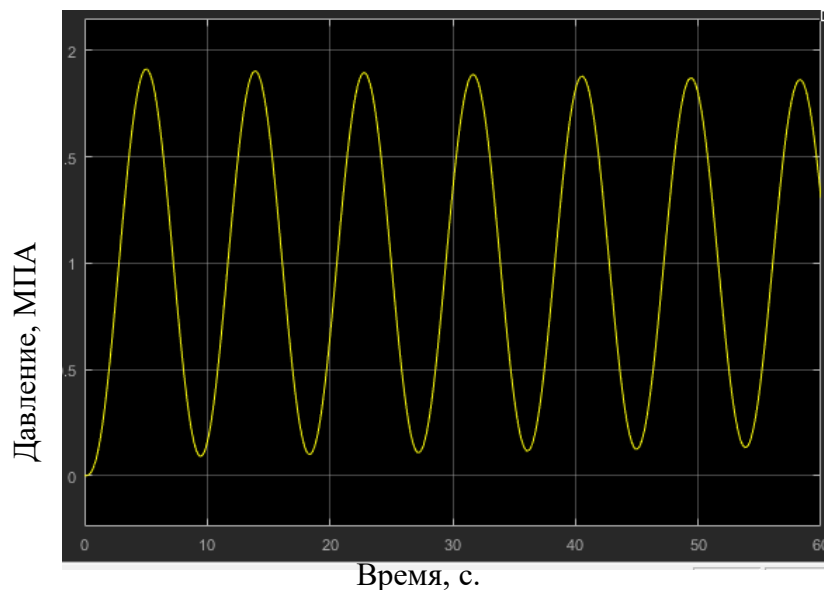


Рисунок 16 – Устойчивые колебания

Данные колебания проявились при коэффициенте $K_{кр}=0,085$. Наблюдаемые устойчивые колебания имеют период $T_{кр}$, равный 9,5с.

Согласно методу Циглера-Никольса, получаем следующие зависимости параметров ПИД – регулятора:

$$K_p = K_{кр} * 0.6 = 0,051 \quad (19)$$

$$T_i = \frac{T_{кр}}{2} = 4,75; \quad (20)$$

$$T_d = \frac{T_{кр}}{8} = 1,19. \quad (21)$$

Полученные коэффициенты: $K_p = 0,051$, $K_i = 0,01$, $K_d = 0,06$.

Внесём данные коэффициенты в ПИД-регулятор, и получим график переходного процесса (рисунок 17).

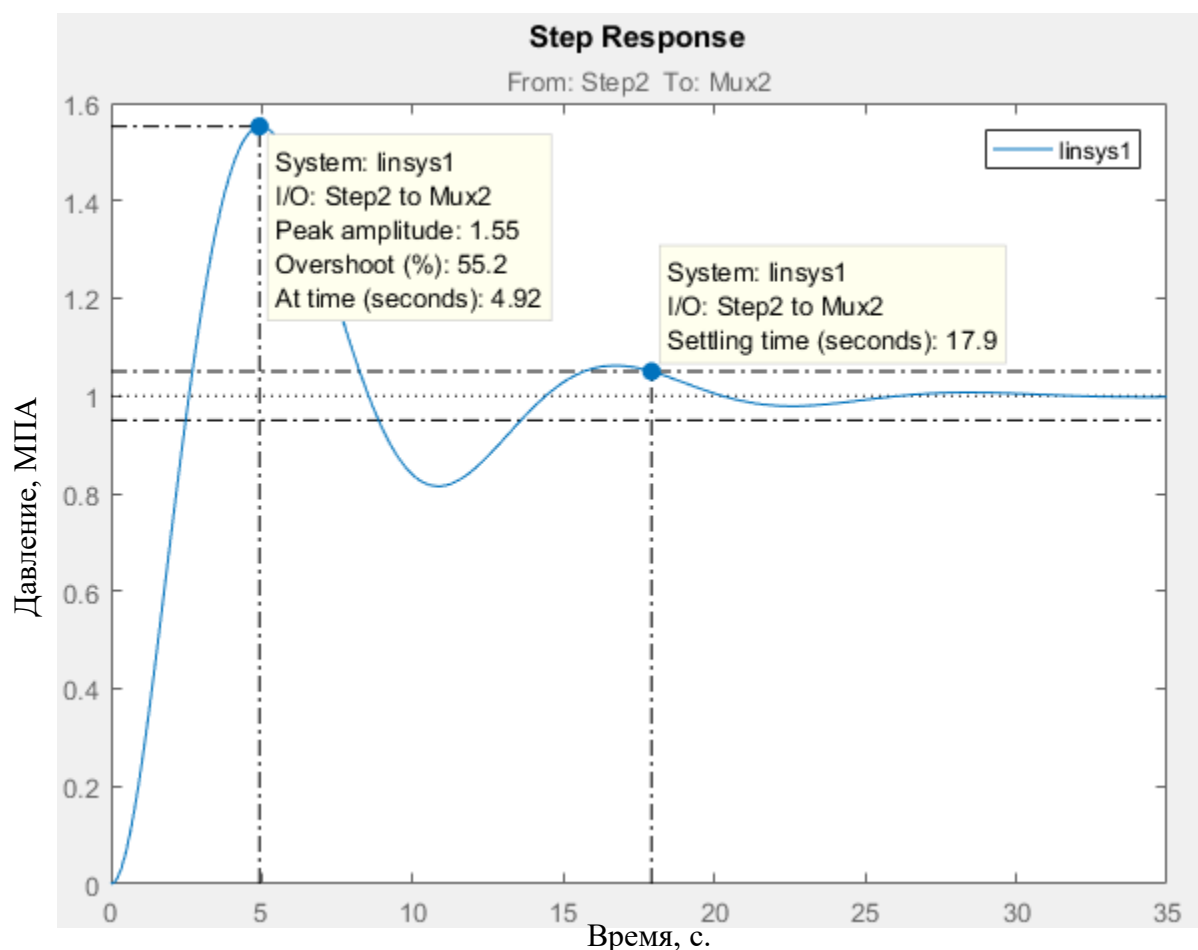


Рисунок 17 – Переходный процесс при ручной настройке

Прямые показатели качества переходного процесса, такие, как время переходного процесса и перерегулирование составляют соответственно 18 сек. и 55%.

Для анализа качества ручной настройки ПИД-регулятора, настроим регулятор автоматически, с помощью средств MathLab. Благодаря этой функции можно подобрать время переходного процесса и перерегулирование для заданной системы. Подобранные коэффициенты показаны на рисунке 18.

Source:	internal	<input type="checkbox"/> Compensator formula
Proportional (P):	0.0345211106728678	$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$
Integral (I):	0.000301805607421962	
Derivative (D):	0.187251593688593	

Рисунок 18 – Результат настройки ПИД регулятора

Переходный процесс системе изображен на рисунке 19.

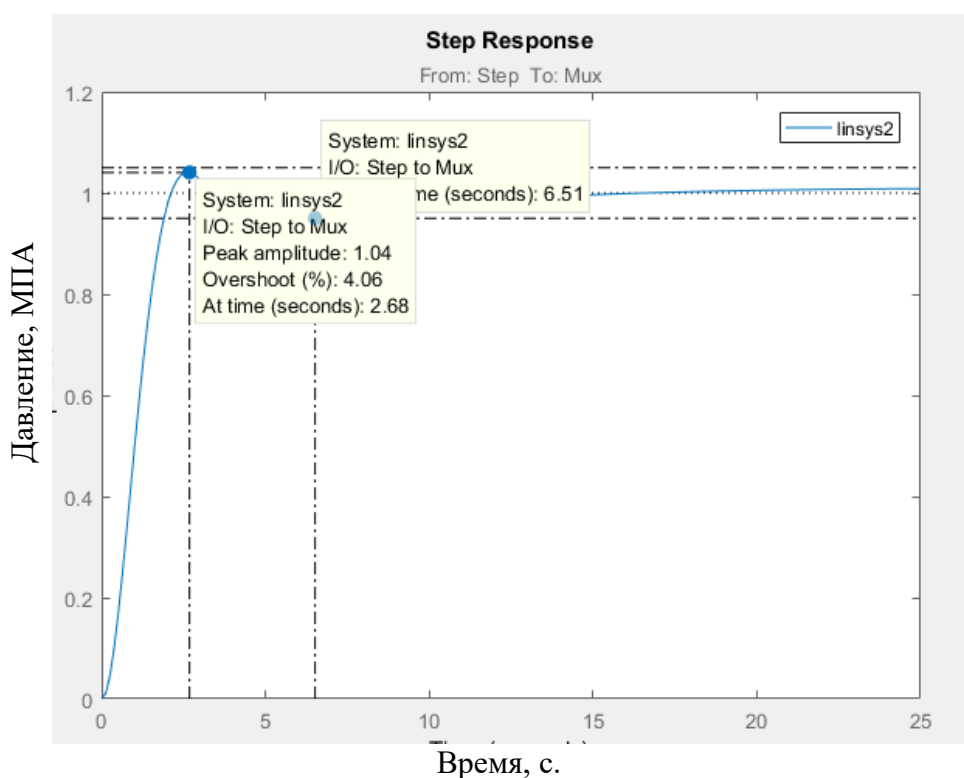


Рисунок 19 – Переходный процесс

Таким образом, время переходного процесса равно 6,51 секунды, а перерегулирование 4%.

Следовательно, можно прийти к выводу, что алгоритм настройки ПИД-регулятора, заложенный в MathLab, гораздо совершенней и точнее, чем метод Циглера-Никольса, который использовался при ручной настройке.

Анализ поведения системы при возмущающем воздействии

Смоделируем систему с возмущающим воздействием, появляющимся на 25 секунде. Модель с возмущением представлена на рисунке 20.

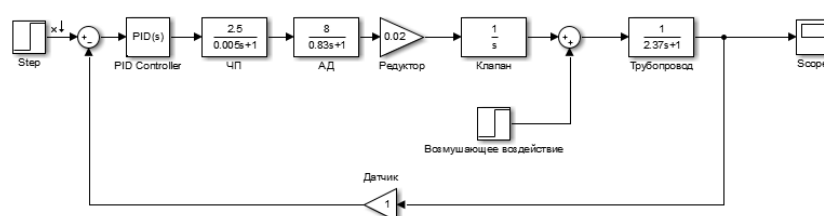


Рисунок 20 – Модель в Simulink с возмущением

Переходный процесс смоделированной системы представлен на рисунке 21.

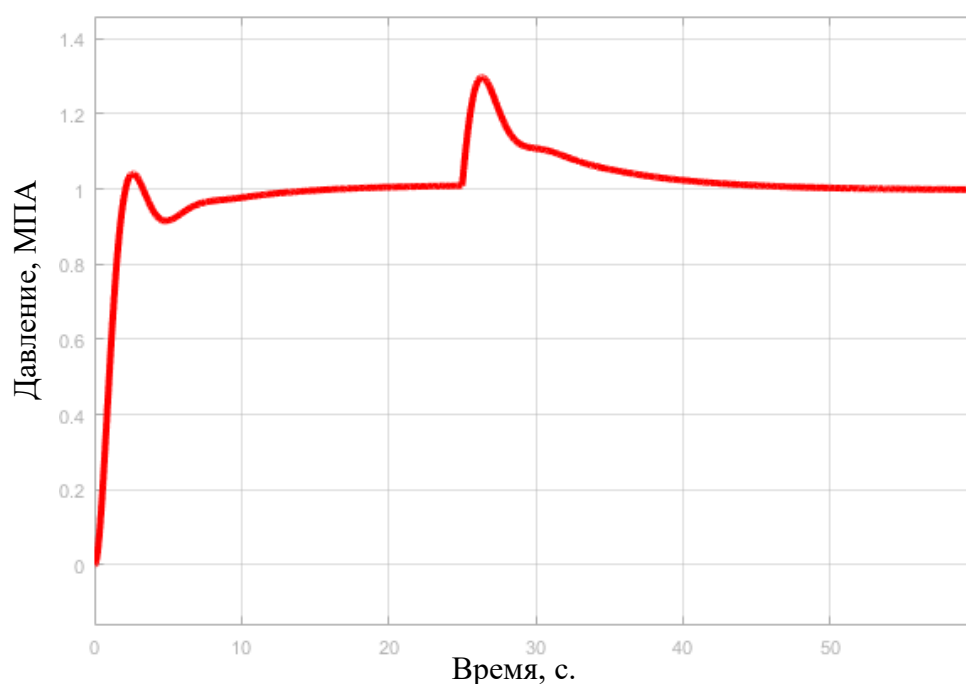


Рисунок 21 – Переходный процесс

Проанализировав рисунок 21, можно прийти к выводу, что система отрабатывает возмущение воздействие и возвращает значение давления в трубопроводе к уставке, следовательно, данную систему можно использовать в качестве системы стабилизации давления.

2.10 Экранные формы АС УУГ

2.10.1 Разработка дерева экранных форм

Дерево экранных форм приведено в приложении Е. После авторизации оператор переходит на главную экранную форму. С главной экранной формы можно перейти на вкладки: тренды, журнал событий, на вкладку настройки датчиков, а также статистика.

2.10.2 Разработка экранных форм АС УУГ

Разработанная экранная форма приведена в приложении Ж. На экран SCADA выводятся: давление, температура и текущий расход газа. Помимо этого присутствует возможность получения данных о текущей влажности газа и температуры точки росы. Оператор имеет доступ к вкладке «статистика», которая отражает архив значений параметров в широком временном диапазоне. Помимо этого на экранной форме присутствует вкладка «тренды», позволяющая строить графики зависимостей расхода и давления газа от времени. Все аварии и внештатные ситуации, а также действия операторов отражаются во вкладке «журнал событий».

С рабочего места оператора присутствует возможность управления клапанами, а также на SCADA выводится процент открытия клапанов.

Оператор может выбрать одну из измерительных линий, по которой будет определяться расход газа, также со SCADA можно управлять клапанами и останавливать технологический процесс.

Обозначение на мнемосхеме состояний клапана:

- Зеленый – клапан открыт;
- Синий – Клапан закрыт;

- Желтый – Клапан в промежуточном положении
- Красный – клапан находится в аварии.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

В настоящее время такое понятие как коммерческая ценность разработки является одним из важнейших факторов, определяющим насколько перспективно и ценно будет научное исследование на первых этапах жизненного цикла научного исследования. Именно коммерческая ценность выступает необходимым условием при поиске финансирования для проведения различных испытаний и внедрения разработки в производство.

Необходимо учесть, что коммерческий потенциал исследования будет зависеть от того, насколько технические параметры данной разработки лучше аналогичных конкурентных разработок, а также понимание таких вопросов как: минимально необходимое время для выхода на рынок, какова цена продукта, в каких сегментах рынка он будет наиболее востребован.

Главной целью создания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является создание разработки, проекта, соответствующего требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения и являющегося конкурентноспособным на рынке в текущее время.

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система узла учета газа.

В таблице 12 приводятся основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Цифрами

обозначены компании-конкуренты: «1» - ООО «Элком+», «2» - ООО «ТомскАСУпроект», «3» - АО «ЭлеСи».

Таблица 12 – Сегментирование рынка

Критерий		Направление деятельности		
		Проектирование строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Крупные	1	2	1
	Средние	1,2	2	2
	Мелкие	1,2	2,3	1,2,3

Проанализировав таблицу 12, можно прийти к выводу, что наиболее свободными нишами являются Разработка АСУ ТП и Внедрение SCADA систем для крупных и средних компаний.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует достаточное количество проектных организаций, занимающихся разработкой АСУ и внедрением их на производстве.

Оценка конкурентоспособности технических решений показана в таблице 2, где Бк1 – ОАО «ООО Элком+», Бк2 АО «ЭлеСи», Бф – разработанная автоматизированная система учета газа.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 13 – Оценочная карта

Критерий оценки	Вес критер ия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
Удобство в эксплуатации	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
Безопасность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Улучшение производительности	0,11	5	4	4	0,55	0,44	0,44
Минимизация ошибок учета	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Ремонтопригодность	0,09	5	4	5	0,45	0,36	0,45
Энергоэкономичность	0,11	5	3	4	0,55	0,33	0,44
Помехоустойчивость	0,09	3	5	5	0,27	0,45	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
Послепроектное сопровождение	0,09	3	5	5	0,27	0,45	0,45
Цена	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
Конкурентоспособность	0,06	5	5	3	0,3	0,3	0,18
Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	5	3	0,12	0,15	0,09
Итого	1				4,26	4,15	4,17

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле:

$$K = \sum B_i * \text{Вес}_i, \quad (22)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки, B_i – вес показателя (в долях), B_i – балл i -го показателя.

Исходя из расчетов, следует вывод, что проект может оказать конкуренцию в цене, улучшении производительности и надежности. Но

проект обладает слабой позицией в плане помехоустойчивости и послепроектного сопровождения.

3.1.3 Технология QuaD

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Оценочная карта QuaD

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешанное значение (5x2)
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Надежность	0,08	70	100	0,7	0,056
Удобство в эксплуатации	0,07	75	100	0,75	0,0525
Безопасность	0,1	85	100	0,85	0,085
Улучшение производительности	0,11	90	100	0,90	0,099
Минимизация ошибок учета	0,1	65	100	0,65	0,065
Ремонтопригодность	0,09	70	100	0,70	0,063
Энергоэкономичность	0,11	65	100	0,65	0,0715
Помехоустойчивость	0,09	50	100	0,50	0,045
Экономические критерии оценки эффективности					
Послепроектное сопровождение	0,09	70	100	0,70	0,063
Цена	0,07	80	100	0,80	0,056
Конкурентоспособность	0,06	65	100	0,65	0,039
Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	60	100	0,6	0,018
Итого	1				0,713

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100, \quad (23)$$

где $P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки; P_i – средневзвешанное значение показателя. Значение $P_{\text{ср}}$ отражает перспективность разработки:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100 = 71,3 \quad (24)$$

Значение $P_{\text{ср}}=71,3$ показывает, что проект обладает перспективностью выше среднего, что позволяет говорить о дальнейшей возможности работы над проектом и его улучшении.

3.1.4 SWOT – анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) [32].

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 15.

Таблица 15 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Наличие опытного руководителя. С3. Более низкая стоимость. С4. Актуальность разработки.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывода на рынка
Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости		

конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему.		

Для выявления сильных и слабых сторон НИП внешних условий окружающей среды требуется построить интерактивную матрицу.

Таблица 16 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	-	-	+
	В2	-	-	+	-
	В3	-	-	-	-

Таблица 17 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	-	-	-
	В2	+	+	-
	В3	-	-	-

Таблица 18 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	+	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	+	-	+	+

Таблица 19 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	-
	У2	-	-	-
	У3	-	+	+

Итоговая матрица SWOT будет выглядеть следующим образом.

Таблица 20 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Наличие опытного руководителя. С3. Более низкая стоимость. С4. Актуальность разработки.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывода на рынка
Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок	В1С1С4 – Актуальность и экономичность разработанной системы свидетельствует о большом потенциале проекта В2С3 – Использование существующего ПО предполагает меньшую стоимость системы	В2Сл1Сл2 – В связи с тем, что отсутствует работающий прототип, заранее не известна его совместимость с существующем ПО
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему.	У1С1 – Несмотря на то, что спрос на новые технологии не высок, низкая стоимость проекта сможет решить данную проблему У3С1С3С4 – Заказчикам сложно будет перейти на новую систему, однако разработанный проект имеет ряд преимуществ:	У1Сл1 – Клиентов могут отпугнуть отсутствие прототипа и внедрение новых технологий У3Сл2Сл3 - Возможные срывы сроков работы

	актуальность, низкая экономичность.	более цена,	
--	---	----------------	--

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент (С). Разделим выполнение дипломной работы на этапе, представленные в таблице 21.

Таблица 21 – Этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Определение целей, задач, исходных данных	1	Выбор темы ВКР	С
	2	Составление и утверждение технического задания	Р,С
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Р,С
	4	Календарное планирование работ	С
Разработка АСУ	5	Описание технологического процесса	С
	6	Подбор СИ и контроллерного оборудования	С
	7	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	С
	8	Составление перечня вход/выходных сигналов	С
	9	Составление схемы информационных потоков	С

	10	Разработка схем внешних проводок	С
	11	Разработка алгоритмов сбора данных	С
	12	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	С
	13	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	С
	14	Проектирование SCADA-системы	С
	15	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С
	16	Написание раздела «социальной ответственности»	С
	17	Проверка работы с руководителем	Р,С
	18	Составление пояснительной записки	С
Оформление отчета	19	Подготовка презентации дипломного проекта	С

3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t = \frac{3*t_{\min i} + 2*t_{\max i}}{5}, \quad (25)$$

где t_{\min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.; t_{\max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (26)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (27)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48, \quad (28)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни, $T_{\text{вых}}$ – выходные дни, $T_{\text{пр}}$ – праздничные дни.

Таблица 22 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T _{pi}	Длительность работ в календарных днях, T _{ki}
	t min, чел-дни		t max, чел-дни		t _{ожі} , чел-дни			
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Совместное выполнение работ	Совместное выполнение работ
Выбор темы ВКР	4	0	5	0	4,4	0	4,4	6,5
Составление и утверждение технического задания	6	4	10	7	7,6	5,2	7,6	11,2
Подбор и изучение материалов по теме	13	5	19	8	15,4	6,2	15,4	22,8
Календарное планирование работ	2	0	3	0	2,4	0	2,4	3,6

Описание технологического процесса	2	0	4	0	2,8	0	2,8	4,1
Подбор СИ и контроллерного оборудования	3	0	7	0	4,6	0	4,6	6,8
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	5	0	10	0	7	0	7	10,4
Составление перечня вход/выходных сигналов	3	0	7	0	4,6	0	4,6	6,8
Составление схемы информационных потоков	3	0	6	0	4,2	0	4,2	6,2
Разработка схем внешних проводок	5	0	7	0	5,8	0	5,8	8,6
Разработка алгоритмов сбора данных	3	0	6	0	4,2	0	4,2	6,2
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	3	0	5	0	3,8	0	3,8	5,6
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	3	0	5	0	3,8	0	3,8	5,6
Проектирование SCADA-системы	3	0	7	0	4,6	0	4,6	6,8
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	4	0	6	0	4,8	0	4,8	7,1
Написание раздела «социальной ответственности»	4	0	6	0	4,8	0	4,8	7,1
Проверка работы с руководителем	1	4	3	7	1,8	5,2	5,2	7,7
Составление пояснительной записки	3	0	6	0	4,2	0	4,2	6,2
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	4	0	2,8	0	2,8	4,1
Итого								138,5

По данным из таблицы 22 создадим диаграмму Ганта (зеленый цвет – работа студента совместно с руководителем, красный – работа одного студента).

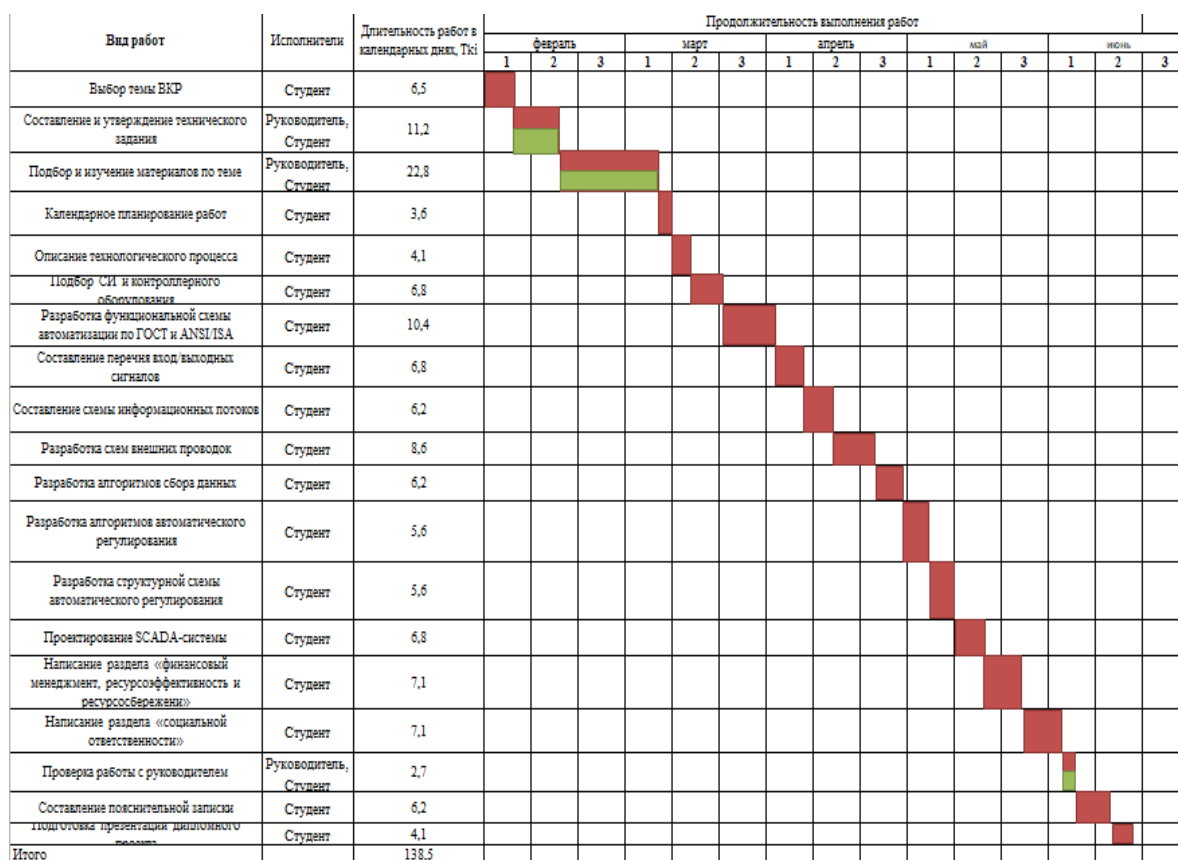


Рисунок 22 – Диаграмма Ганта

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

3.3.1 Расчет материальных затрат

В данном разделе рассчитывается стоимость технического обеспечения, используемого в разработке проекта. В таблице 23 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат также учитывается транспортные расходы и расходы (величина k_T) на установку оборудования в размере 20% от стоимости материалов.

Основная формула для расчета материальных затрат выглядит следующим образом:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}, \quad (29)$$

где $N_{\text{расх}}$ – количество видов материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

Таблица 23 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
SIMATIC S7-1200	Шт.	2	36 000	72 000
Датчик давления "Rosemount 3051S"	Шт.	3	43 000	129 000
Манометр МВПТИ	Шт.	2	17 000	34 000
Датчик температуры WIKA TR10-C	Шт.	2	6 000	12 000
Датчик расхода "Q.Sonic plus"	Шт.	2	135 000	270 000
Анализатор влажности Condumax II	Шт.	2	44 000	88 000
Анализатор температуры точки росы "AMETEK 5000"	Шт.	2	36 000	72 000
Клапан регулировочный VFM2	Шт.	5	175 000	875 000
Электропривод "SIPOS 5 Flash 2SB5"	Шт.	5	125 000	625 000
Итого:				2 508 000

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения (ОПС-сервера)

необходимого для функционирования АСУ. В таблице 24 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ.

Таблица 24 – Затраты на специальное оборудование

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования	Общая стоимость
Siemens TIA Portal V13	1	14 000	14 000
Microsoft Visio 2013	1	15 000	15 000
Итого			29 000

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (30)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$). Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле :

$$З_{дн} = \frac{З_{м*М}}{F_{д}}, \quad (31)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; М – кол-во месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня М =11,2 месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней М=10,4 месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 25).

Таблица 25 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	217

Месячный должностной оклад работника (формула):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}} , \quad (32)$$

$З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 от $З_{\text{тс}}$;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент (1,3 для Томска).

В таблице 26 приводится расчет основной заработной платы.

Таблица 26 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{д}}$, руб	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб	$F_{\text{д}}$	$T_{\text{р}}$	$З_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	16000	0,3	33280	1739,3	199	14	24350,2
Студент	1940	0,3	4035	193,4	217	139	26822,6
Итого							51172,8

3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * З_{\text{осн}} , \quad (33)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Примем $k_{\text{доп}}=0,14$.

$$З_{\text{доп}} = 0,14 * 24350,2 = 3409 \text{ руб.} \quad (34)$$

$$З_{\text{доп}} = 0,14 * 26822,6 = 3763,6 \text{ руб.} \quad (35)$$

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (36)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и пр.).

Таблица 27 – Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Исполнитель	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб.	$k_{\text{внеб}}$	$З_{\text{внеб}}$, руб.
Руководитель	24350,2	3409	0,271	7522,7
Студент	26822,6	3763,6	0,271	8288,9
Итого				15811,6

3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попадающие в предыдущие статьи расходов: ксерокопирование материалов исследования, печать, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. Их величина рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) * k_{\text{нр}} \quad (34)$$

Коэффициент накладных расходов принимается равным 16%.

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	2508000
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	29000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	51172,8
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7172,6
5. Отчисления во внебюджетные фонды	15811,6
6. Накладные расходы	415385,1
7. Бюджет затрат НТИ	3011542,1

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегральных показателей: финансового и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель вычисляется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (37)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Результаты вычислений приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Расчет интегрального финансового показателя

Вариант исполнения	Φ_{max}	Φ_{pi}	$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$
Разработанная система	3275000	3011542	0,92
Система АО «ЭлеСи»		3176000	0,97
система «ТомскАСУпроект»		3275000	1

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется формулой:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (38)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент для i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности отображен в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Критерий	Весовой коэффициент	исп. студента	исп. «ЭлеСи»	исп. «ТомскАСУ проект»
Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4	4	3
Удобство в эксплуатации	0,25	4	5	5
Энергосбережение	0,15	4	4	4
Надежность	0,2	4	3	3
Помехоустойчивость	0,25	5	4	5
Итого	1			

$$I_{\text{исп.студента}} = 4,25, I_{\text{исп.«ЭлеСи»}} = 4,05, I_{\text{исп.«ТомскАСУпроект»}} = 4,15.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании двух предыдущих интегральных показателей в соответствии с формулой:

$$I_{\text{исп}i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}}, \quad (39)$$

Сравнение интегральных показателей эффективности вариантов исполнения позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}, \quad (40)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 31.

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исполнение		
	исп. студента	исп. «ЭлеСи»	исп. «ТомскАСУпроект»
Интегральный финансовый показатель	0,92	0,97	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,25	4,05	4,15
Интегральный показатель эффективности	4,61	4,18	4,15
Сравнительный показатель эффективности	1	0,91	0,9

Исходя из полученных данных таблицы 31, следует, что наиболее эффективной является система, разработанная студентом и его руководителем.

4 Социальная ответственность

4.1 Введение

В разделе социальная ответственность рассматриваются вопросы обнаружения и анализа вредных и опасных факторов труда на рабочем месте оператора узла учета газа, минимизация негативных последствий проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

В проектируемой системе автоматизации предлагается применение и внедрение новых и более точных приборов учета газа, а также приборов, определяющих качество транспортируемого газа, добавляется контроллерное оборудование, реле, задвижки и электропривод. Коммерческий учет газа является одним из основных технологических циклов при подготовке товарного газа и последующей продаже, в связи с тем, что здесь происходит оценка рентабельности всей добычи.

4.2 Анализ вредных и опасных факторов

Для анализа вредных и опасных факторов относящихся к узлу учета газа будем использовать ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация».

Рабочим местом сотрудников является помещение, где установлен узел учета газа. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров узла учета газа. Здание, в котором находится узел учета газа, расположено на территории газораспределительной станции. Наиболее существенными вредными факторами являются: повышенный уровень шума, повышенный уровень вибрации, электромагнитные излучения. Также стоит учесть и опасные факторы, которые могут воздействовать на операторов узла учета газа, к данным фактором в первую очередь относятся: поражение электрическим

током, а также опасные факторы, связанные с пожаром, например: огонь, дым, повышенная температура окружающей среды [33].

4.2.1 Анализ вредных факторов

Повышенный уровень шума

Шумом называют любой нежелательный звук или совокупность таких звуков. Длительное воздействие шума может отрицательно сказаться на здоровье работника, а в некоторых крайних случаях даже привести к глухоте [34].

При выполнении работ в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещениях предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА [35].

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СП 51.13330.2011 .

При разработке автоматизированной системы узла учета газа добавились различные объекты, которые являются источниками шума, такие как автоматические задвижки, электромагнитные реле, электропривод, пожарные сигнализации, сигнализаторы загазованности.

Стоит учесть, что в паспортах на вышеперечисленное электрооборудование звуковое давление во время работы данных устройств не превышает предельно допустимого звукового давления, таким образом можно прийти к выводу, что дополнительных средств защиты от шума в узле учета газа не требуется.

Однако необходимо принять во внимание тот факт, что при неисправности оборудования возможно появление посторонних шумов, которые могут превысить нормируемое значение, в таком случае необходимо определить причину неисправности и устранить ее в кратчайшие сроки.

В связи с тем, что уровень шума, испускаемый оборудованием, расположенным в узле учета газа, близок к предельно допустимому,

необходимо устраивать кратковременные перерывы в течение рабочего дня вне помещения учета газа.

Повышенный уровень вибрации

Вибрация определяется как колебательный процесс, возникающий при периодическом смещении центра тяжести какого-либо тела от положения равновесия, а также при периодическом изменении формы тела, которую оно имело в статическом состоянии [36].

При внедрении автоматизированной системы узла учета газа вибрация может появиться вследствие наличия в системе задвижек и электропривода. Однако стоит заметить, что подобранное оборудование имеет низкую вибрационную активность, поэтому дополнительных мер по предотвращению вредных воздействий от вибрации в узле учета газа не требуется.

Повышенный уровень электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение создается любым устройством, которое производит или потребляет электроэнергию. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер [37].

При внедрении автоматизированной системы узла учета газа были установлены источники дополнительных электромагнитных полей, а именно: шины питания, низковольтные кабели, распределительные шкафы, шкафы управления, а также электропривод.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 – «Электромагнитные поля в производственных условиях» допустимые уровни магнитного поля

и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, [А/м] при воздействии	
	Общем	Локальном
≤ 1	1600	6400
2	800	3200
4	400	1600
8	80	800

В связи с тем, что оборудование в автоматизированном узле учета газа подбиралось таким образом, чтобы минимизировать влияние электромагнитного поля на приборы учета, уровень общего воздействия магнитного поля составил 80А/м. Таким образом, обслуживающий персонал может находиться в помещении узла учета газа не более 8 часов за смену.

Стоит отметить, что трансформаторы, а именно их активная часть помещены в металлический маслonaполненный бак, а вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

Таким образом, уровень влияния магнитного поля незначителен, следовательно, дополнительных средств защиты от магнитного излучения не требуется.

4.2.2 Анализ опасных факторов

Электробезопасность

Требования электробезопасности данного объекта направлены на создание условий эксплуатации оборудования, при которых исключаются образование электрической цепи через тело человека.

Линия электросети для питания шкафов автоматики, периферийных устройств и оборудования для обслуживания, ремонта и наладки шкафов автоматики выполняется как отдельная групповая трехпроводная сеть, путем прокладки фазового, нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Нулевой защитный проводник используется для заземления (зануления) электроприемников и прокладывается от стойки группового распределительного щита распределительного пункта к розеткам питания [38].

Все проводники отвечают номинальным параметрам сети и нагрузки, условиям окружающей среды, условиям деления проводников, температурному режиму и типам аппаратуры защиты, требованиям ПОЭ.

При проектировании автоматизированной системы добавилось большое количество электроприборов, таких как датчики, исполнительные механизмы с электроприводами.

Данное оборудование работает от постоянного тока, с напряжением 24 В, относительная влажность воздуха 50%, средняя температура около 24°C.

Для указанных электроприборов никаких дополнительных средств электрозащиты не требуется, так как при низковольтном напряжении 24 В вероятность поражения током очень низка.

Для гашения дуги исполнительных реле, были подобраны реле со встроенным дугогасительным устройством.

Контроллерное оборудование, исполнительные нагревательные элементы работают от сети переменного напряжения 220 В и частотой 50

Гц. Данное оборудование подключено через распределительный шкаф.

Данные виды оборудования являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При осмотре, работе, наладке этого оборудования возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения вблизи от распределительного шкафа. Поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение».

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям используется изоляция токоведущих частей, защитное отключение, защитное заземление и зануление.

Экологическая безопасность

Разработанная автоматизированная система узла учета газа полностью предотвращает аварийные ситуации, связанные с утечкой газа. Для этого для контроллерного оборудования были прописаны алгоритмы действия во всевозможных аварийных ситуациях. Также стоит обратить внимание на внедрение противоаварийных систем, которые сводят вероятность наступления аварийной ситуации к минимуму.

Стоит отметить, что воздействия на атмосферу незначительное, так как системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации. При этом все технологические аппараты оснащены защитными фильтрами.

Необходимо учесть тот факт, что после использования оборудования, которое применяется в узле учета газа, его необходимо утилизировать на полигоне твердых бытовых отходов.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1 Пожарная безопасность

После внедрения автоматизированной системы управления добавилось электрооборудование, которое потенциально повышает вероятность воспламенения. В связи с этим все датчики были подобраны во взрывобезопасном исполнении, дополнительно были заказаны искробезопасные цепи.

Возникшее пламя при пожаре в блоке узла учета газа можно потушить одним из следующих способов:

- удаление горючих материалов;
- прекращение доступа кислорода;
- охлаждение горящего вещества ниже его температуры воспламенения;
- узел учета газа должен быть оснащен первичными средствами пожаротушения (вода, огнетушители, песок).

Также в блоке узла учета газа была внедрена система автоматического тушения пожаров (АПТ) предназначенная для автоматического обнаружения очага пожара в защищаемых сооружениях с включением пожарной сигнализации и подачи пены к очагу пожара.

Таким образом, можно прийти к выводу, что узел учета газа оснащен всеми необходимыми средствами пожаротушения и в дополнительных средствах нет необходимости.

4.3.2 Взрывобезопасность

В связи с тем, что основной рабочей зоной является узел учета газа, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность. Взрывоопасными являются трубопроводы в которых происходит замер показателей качества газа, места соединений с исполнительными механизмами. В первую

очередь необходимо вынести распределительный шкаф автоматики за блок-бокс узла учета газа.

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечения в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных веществ применялось герметичное производственное оборудование, были вмонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 – «Взрывобезопасность».

Также установлены дополнительно датчики загазованности для контроля состава воздушной среды.

4.3.3 Используемые стандарты

1. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». Настоящий стандарт распространяется на опасные и вредные производственные факторы, устанавливает их классификацию и содержит особенности разработки стандартов ССБТ на требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов.

2. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки». Санитарные нормы устанавливают классификацию шумов; нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума на рабочих местах, допустимые уровни шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

3. ГОСТ 31192.2-2005 «Вибрация, измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека». Настоящий стандарт устанавливает требования к проведению измерений и оценке воздействия локальной вибрации на рабочем месте

4. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях». Санитарные правила устанавливают

санитарно-эпидемиологические требования к условиям производственных воздействий ЭМП, которые должны соблюдаться при проектировании, реконструкции, строительстве производственных объектов, при проектировании, изготовлении и эксплуатации отечественных и импортных технических средств, являющихся источниками ЭМП.

5. Гост Р 12.1.019 – 2009 «Электробезопасность». Настоящий стандарт относится к группе стандартов, регламентирующих требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации.

6. ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность». Настоящий стандарт распространяется на производственные процессы (включая транспортирование и хранение), в которых участвуют вещества, способные образовать взрывоопасную среду, и устанавливает общие требования по обеспечению их взрывобезопасности.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стала проектная документация на автоматизированную систему управления измерения количества и показателей качества газа. В ходе выполнения были разработаны основные схемы, такие как функциональные схемы автоматизации, структурная, информационных потоков, соединений внешних проводок. Данные схемы определяют состав необходимого оборудования, средства и метода передачи данных.

В ходе выполнения ВКР подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами. Для корректной работы разработанного проекта используется современная SCADA-система TIA Portal V12 WinCC.

Проведена разработка алгоритмического обеспечения технологического процесса. Были разработаны алгоритмы автоматического сбора данных.

Для поддержания заданного давления на измерительной линии была проведена разработка алгоритма автоматического регулирования с использованием ПИД-регулятора.

Проведена разработка типовых экранных форм системы учета газа.

Выполненная разработка автоматизированной системы измерения количества и показателей качества газа, удовлетворяет требованиям к системе автоматизации. Данная система имеет возможность расширения и модернизации, в соответствии с растущими требованиями и технологическими возможностями.

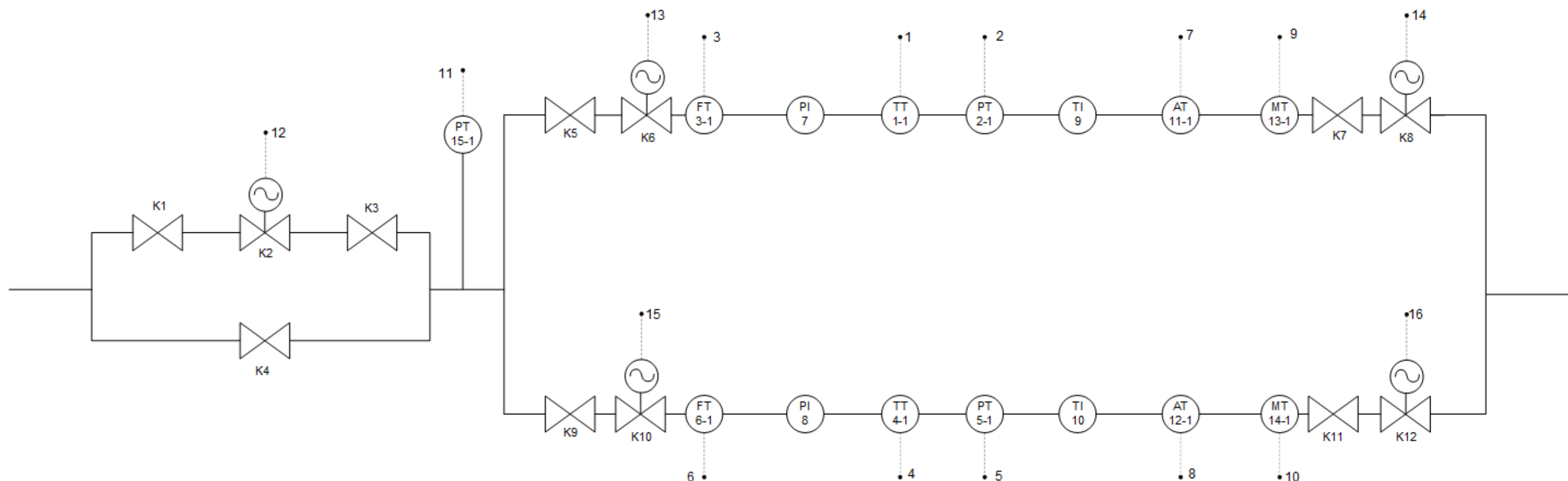
Список источников

1. ГОСТ 21.408-13 Автоматизированная система управления. Общие требования. М.: Стандартиформ, 2014, – 42с.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. - Москва: Изд-во стандартов, 1985, – 18 с.
5. Попович Н. Г., Ковальчук А.В., Красовский Е.П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
6. А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. Основы нефтегазового дела. Дизайн ПолиграфСервис Уфа, 2005
7. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
8. Промышленный Ethernet [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter2_9.aspx (дата обращения: 4.05.2018).
9. ГОСТ 21.208 – 13 Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах М.: Стандартиформ, 2013, – 31с.
10. Громаков Е. И., Лиепиныш А.В. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2016, – 371с.

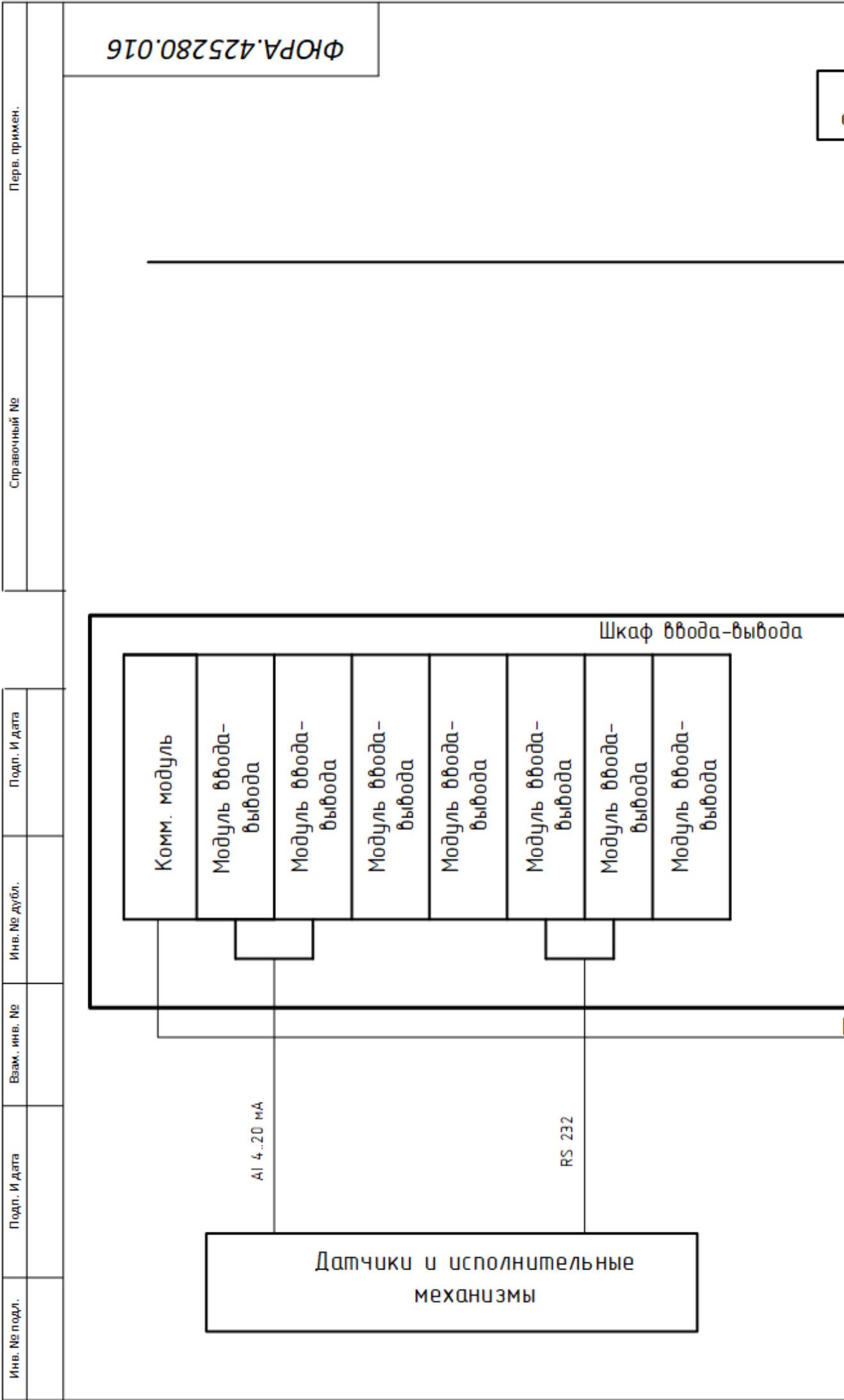
11. ОВЕН ПЛК160 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_plk160/opisanie (дата обращения: 5.05.2018).
12. SIMATIC S7-1200 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://simatic-s7-1200.ru> (дата обращения: 10.05.2018).
13. OMRON CP1H [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://industrial.omron.ru/ru/products/cp1h> (дата обращения: 10.05.2018)
14. Rosemount 3051S [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.indelta.ru/userfiles/file/metran/Rosemount_3051S.pdf (дата обращения: 11.05.2018).
15. Метран-150 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.emerson.com/ru-ru/catalog/metran-150> (дата обращения: 11.05.2018).
16. Rosemount-644 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20rosemount%20documents/00813-0107-4728.pdf> (дата обращения: 11.05.2018).
17. WIKA TR10-C [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://www.wika.ru/tr10_c_ru_ru.WIKA (дата обращения: 13.05.2018).
18. Типы расходомеров газа: преимущества и недостатки. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://intelpribor.ru/blog/tipy-sushchestvuyushchikh-raskhodomerov/> (дата обращения: 13.05.2018).
19. Turbo Flow UFG-F [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.turbo-don.ru/rasxodomeryi-schetchiki-gaza-ultrazvukovye-turbo-flow-ufg> (дата обращения: 14.05.2018).
20. FLOWSIC600 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.sick.com/ru/ru/ultrasonic-gas-flow-measuring-devices/gas-flow-meters/flowsic600/flowsic600/p/p76996> (дата обращения: 14.05.2018).
21. Q.Sonic plus [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://gaselectro.ru/market/schetchiki_gaza/ultrazvukovye-schetchiki-gaza-qsonic-plus.html (дата обращения: 14.05.2018).

22. HYGROVISION-BL [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://vypel.group/products/gas-analyzers/hygrovision-bl/> (дата обращения: 15.05.2018).
23. Condumax II [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://granat-e.ru/condumax.html> (дата обращения: 15.05.2018).
24. АМЕТЕК 241СЕ II [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.artvik.ru/pdf/moisture-in-gas_analyzers/241.pdf (дата обращения: 15.05.2018).
25. АМЕТЕК: модель 3050 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.artvik.ru/pdf/moisture-in-gas_analyzers/3050.pdf (дата обращения: 20.05.2018).
26. АМЕТЕК: модель 5000 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.artvik.ru/pdf/moisture-in-gas_analyzers/5000.pdf (дата обращения: 20.05.2018).
27. АМЕТЕК: модель 5800 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.artvik.ru/pdf/moisture-in-gas_analyzers/5800.pdf (дата обращения: 20.05.2018).
28. Седельный проходной клапан VFM2 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://lunda.ru/catalog/category/c5341/product/klapan-vb-danfoss_13473.html (дата обращения: 22.05.2018).
29. SIPOS 5 Flash 2SB5 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.sipos.de/uploads/media/spimports/prospekte/elektrische_stellantriebe_-_technik_sipos_5_flash/technik_sipos_5_flash-ru.pdf (дата обращения: 23.05.2018).
30. Кабель КВВГЭ нг [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.podolskkabel.ru/catalog/kvvngals_kvvgengals (дата обращения: 25.05.2018).
31. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. - Москва: Изд-во стандартов, 1990, 21 с.

32. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. 399 с.
33. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». - Москва: Изд-во стандартов, 1974, 5 с.
34. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
35. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
36. ГОСТ 31192.2-2005 «Вибрация, измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека».
37. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».
38. ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров

[illegible]

					ФЮРА.425280.016						
					Функциональная схема автоматизации	Лит.		Масса	Масштаб		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		у					
Разраб.	Яненц А.А.										
Проверил	Громаков Е.И.										
Т. Контр.						Лист 1	Листов 9				
						ТПУ ИШИТР					
Н. Контр.						Группа 8Т4А					
Утвердил											

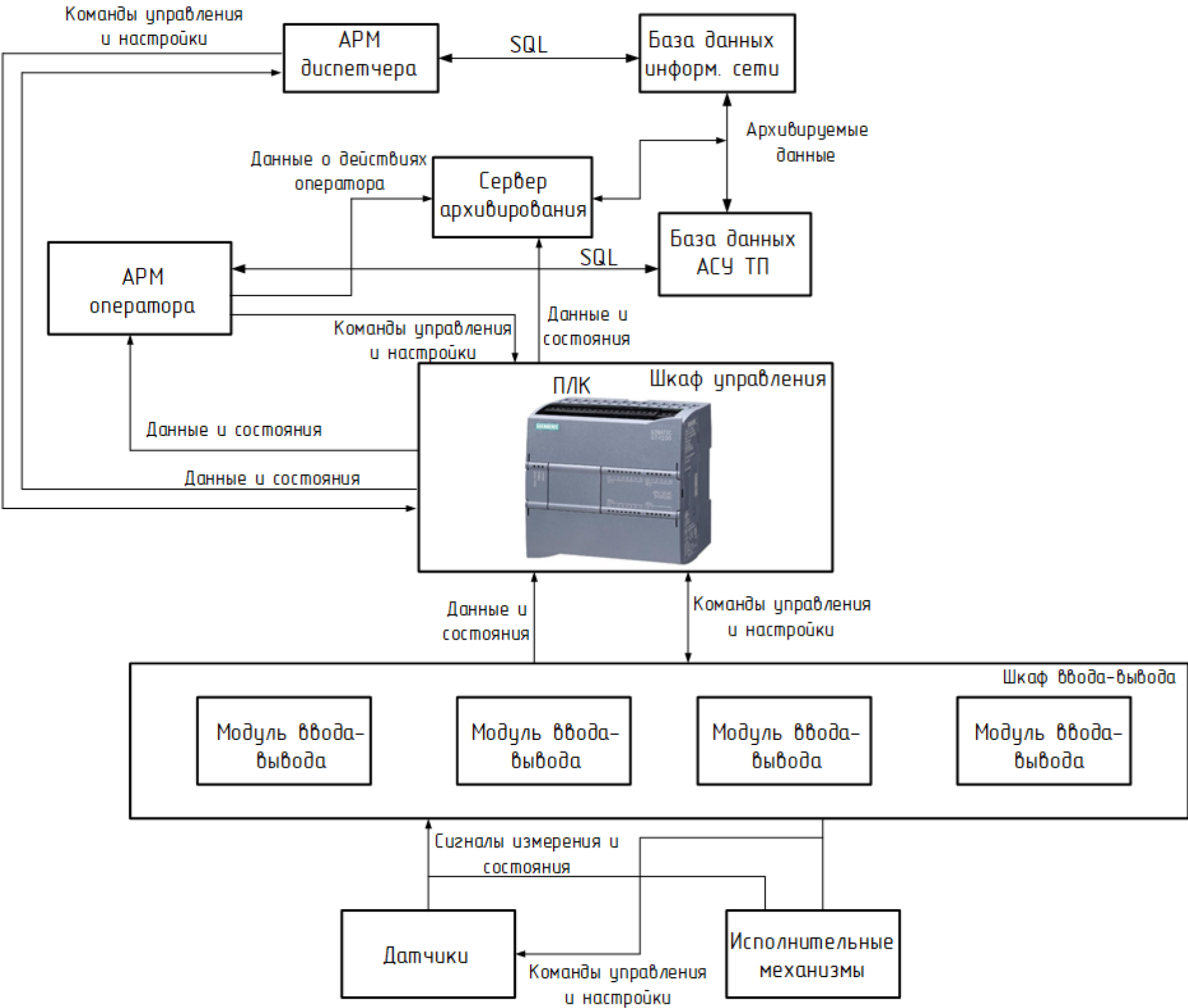


Приложение Б

					ФЮРА.425280.016						
					Структурная схема			Лит.		Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				у			
Разраб.		Яненц А.А.									
Проверил		Громяков Е.И.									
Т. Контр.											
					Лист 2			Листов 9			
					ТПУ ИШИТР						
Н. Контр.					Группа 8Т4А						
Утвердил											

Перв. примен.	
Справочный №	
Подп. И дата	
Изм. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подл.	

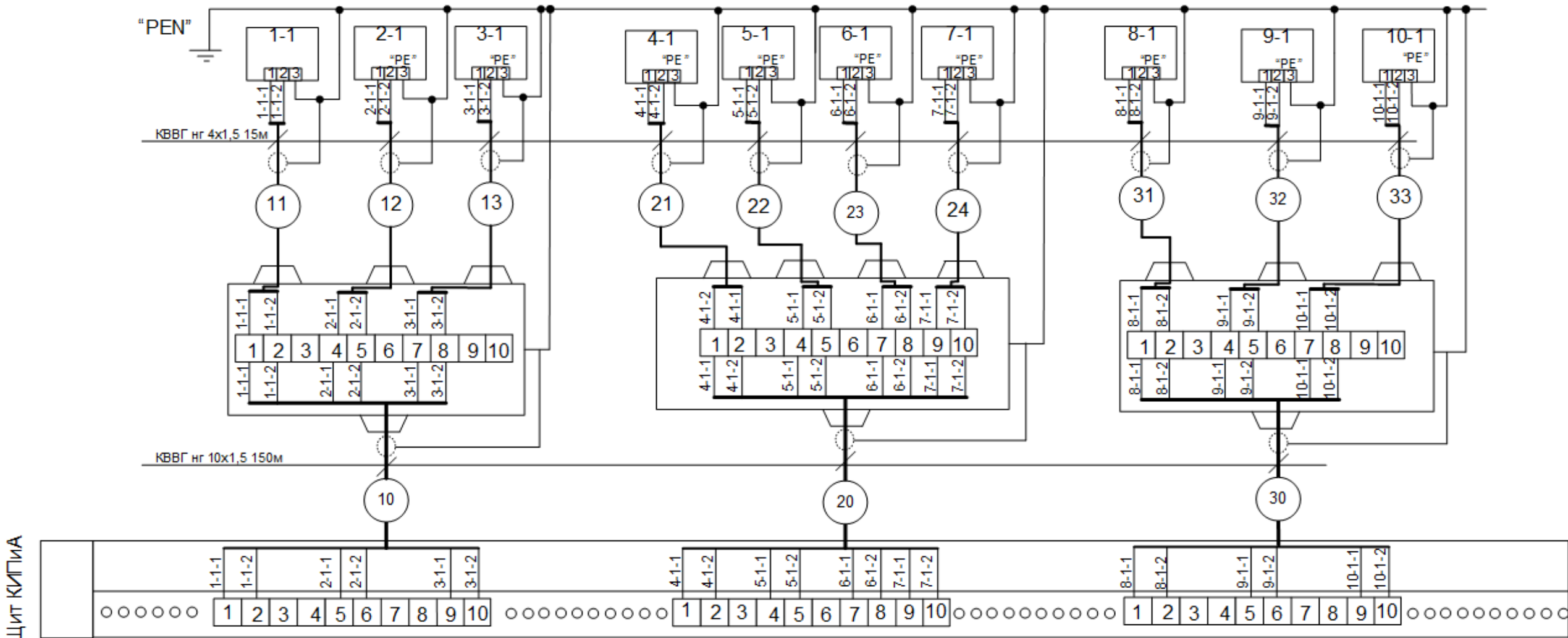
ФЮРА.425280.016



					ФЮРА.425280.016					
					Схема информационных потоков	Лит.		Масса	Масштаб	
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		у				
Разраб.		Яненц А.А.								
Проверил		Громаков Е.И.								
Т. Контр.						Лист 3	Листов 9			
						ТПУ ИШИТР				
Н. Контр.						Группа 8Т4А				
Утвердил										

ФЮРА.425280.016

Параметр	Температура точки росы	Температура точки росы	Расход газа	Расход газа	Давление	Давление	Температура	Температура	Влажность газа	Влажность газа
Место отбора	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2
Тип датчика	Condumax II	Condumax II	Q.Sonic plus	Q.Sonic plus	Rosemount 3051S	Rosemount 3051S	WIKA TR10-C	WIKA TR10-C	AMETEK 5000	AMETEK 5000
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	10-1

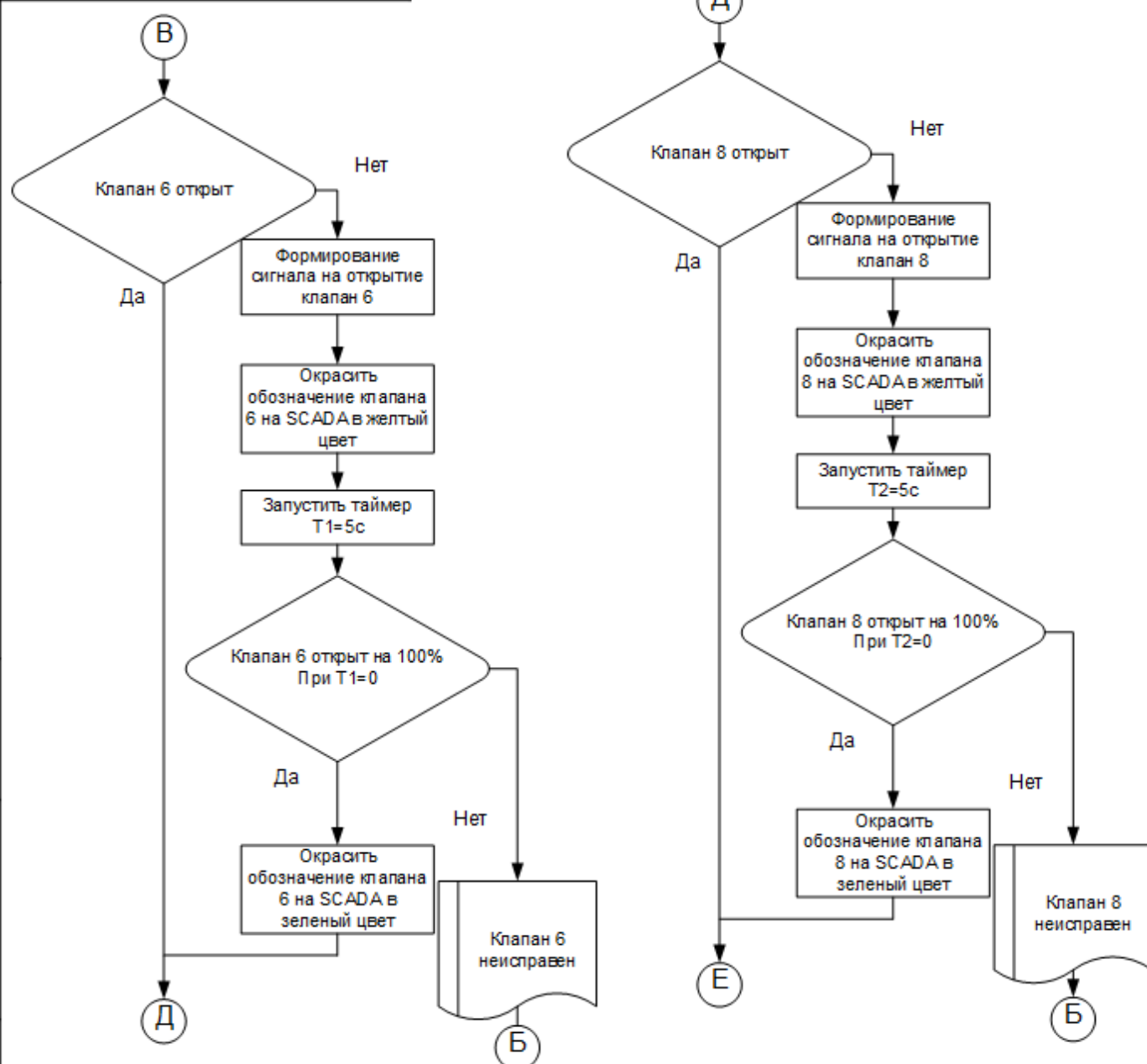


ФЮРА.425280.016

Схема внешних проводов

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист 4	Листов 9	
ТПУ ИШИТР		
Группа 8Т4А		

				ФЮРА.425280.016		Приложение Д (начало)																																																																				
Перв. примен.																																																																										
Справочный №																																																																										
Подп. и дата						<div style="text-align: center; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">ФЮРА.425280.016</div>																																																																				
Инв. № дубл.						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="5" rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Алгоритм управления измерительными линиями </td> <td style="width: 10%;">Лит.</td> <td style="width: 10%;">Масса</td> <td style="width: 10%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подпись</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="5" rowspan="2"></td> <td colspan="3">Лист 5</td> <td colspan="3">Листов 9</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="5" rowspan="2"></td> <td colspan="4" style="text-align: center;">ТПУ ИШИТР</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Группа 8Т4А</td> </tr> </table>										Алгоритм управления измерительными линиями					Лит.	Масса	Масштаб				Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																			Лист 5			Листов 9														ТПУ ИШИТР				Группа 8Т4А			
Алгоритм управления измерительными линиями					Лит.	Масса	Масштаб																																																																			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																																																																						
					Лист 5			Листов 9																																																																		
					ТПУ ИШИТР																																																																					
					Группа 8Т4А																																																																					
Взам. инв. №																																																																										
Подп. и дата																																																																										
Инв. № подл.																																																																										
Проверил																																																																										
Т. Контр.																																																																										
Н. Контр.																																																																										
Утвердил																																																																										



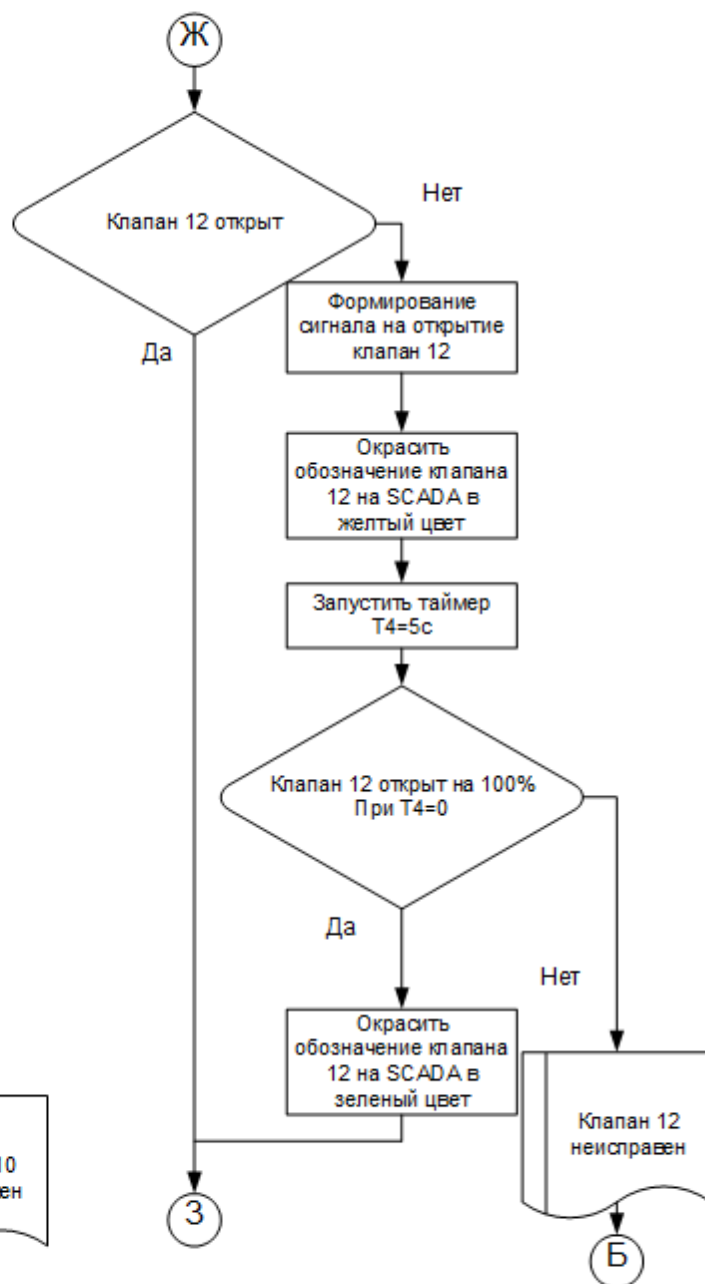
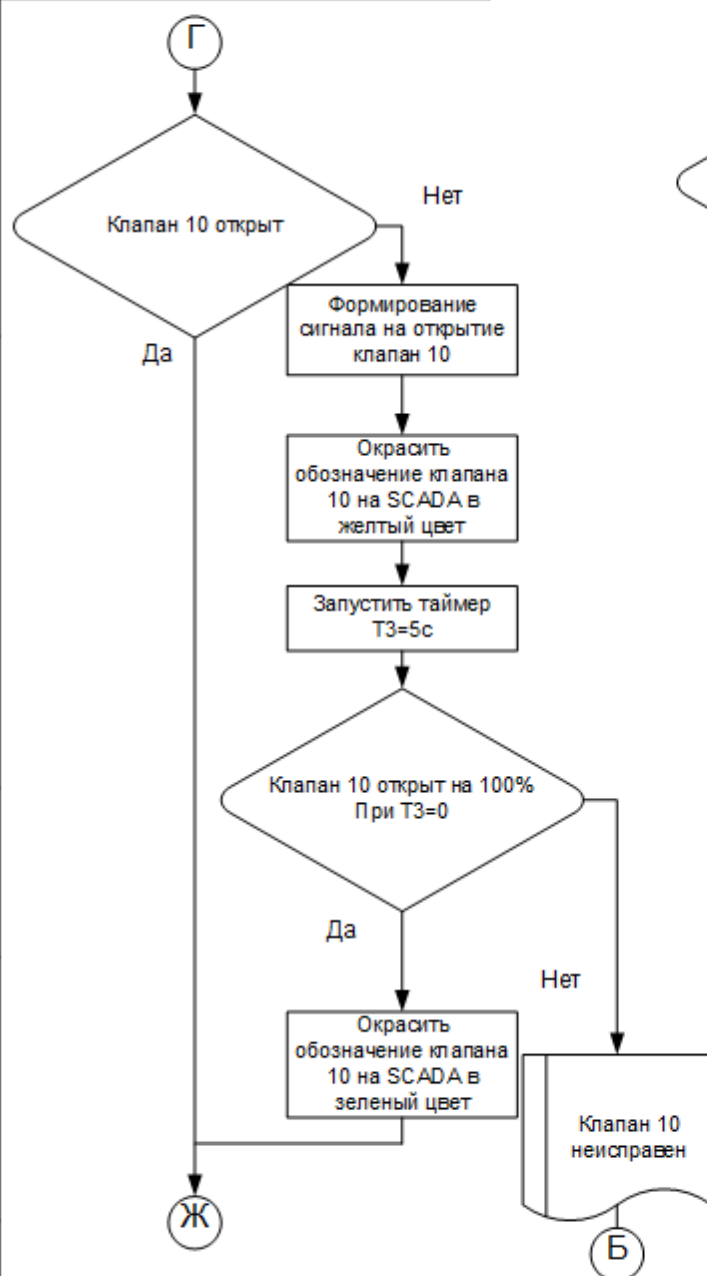
ФЮРА.425280.016

Алгоритм управления
измерительными линиями

Лит.	Масса	Масштаб
Лист 6	Листов 9	

ТПУ ИШИТР
Группа 8Т4А

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Яненц А.А.		
Проверил		Громаков Е.И.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				



ФЮРА.425280.016

Алгоритм управления
измерительными линиями

Лит.	Масса	Масштаб
Лист 7	Листов 9	
ТПУ ИШИТР Группа 8Т4А		

Перв. примен.

Справочный №

Подп. И дата

Изм. № дубл.

Взам. инв. №

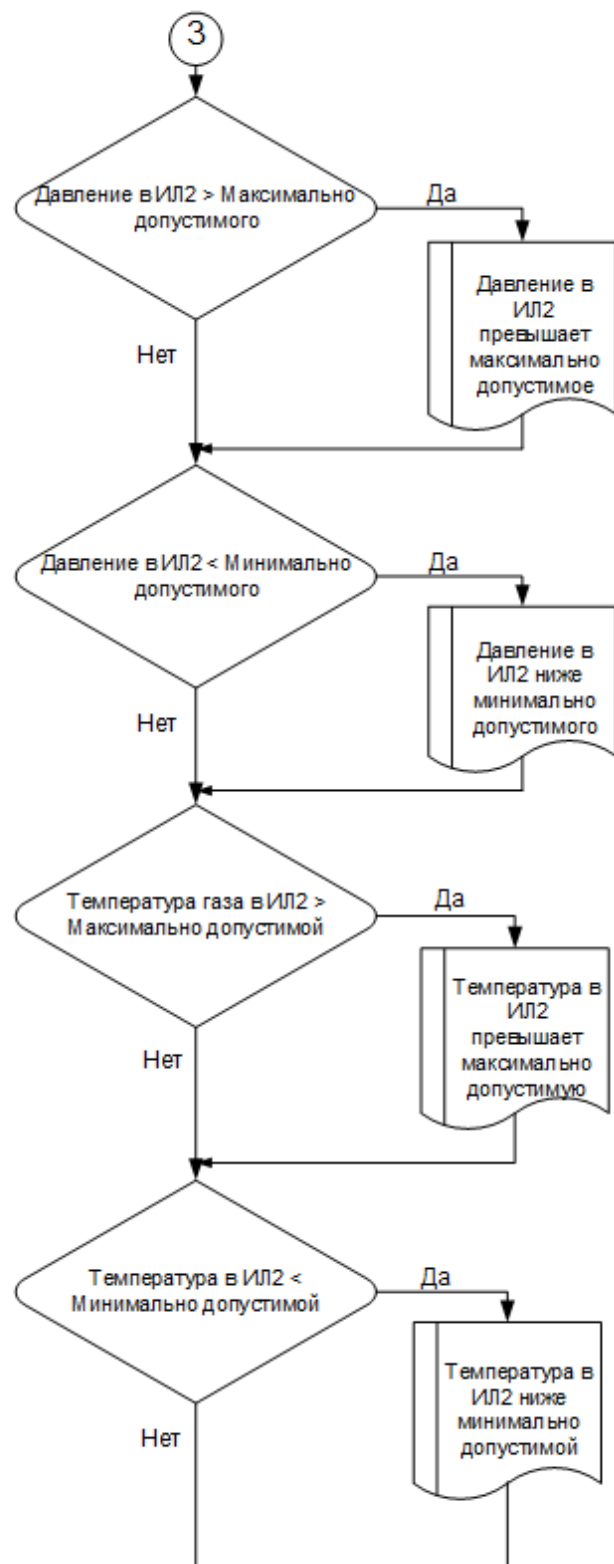
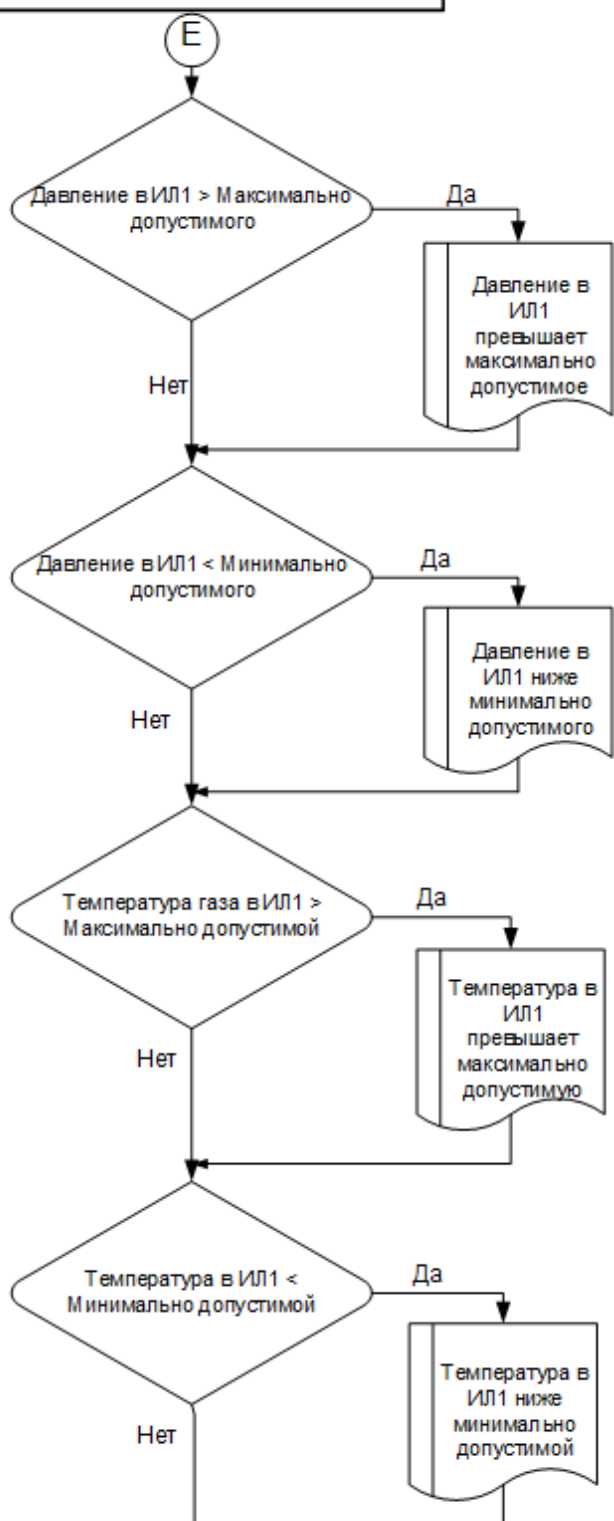
Подп. И дата

Изм. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Яненц А.А.		
Проверил		Громаков Е.И.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				

ФЮРА.425280.016

Приложение Д (конец)



ФЮРА.425280.016

Алгоритм управления
измерительными линиями

Лит.	Масса	Масштаб
Лист 8	Листов 9	
ТПУ ИШИТР Группа 8Т4А		

Перв. примен.

Справочный №

Подп. и дата

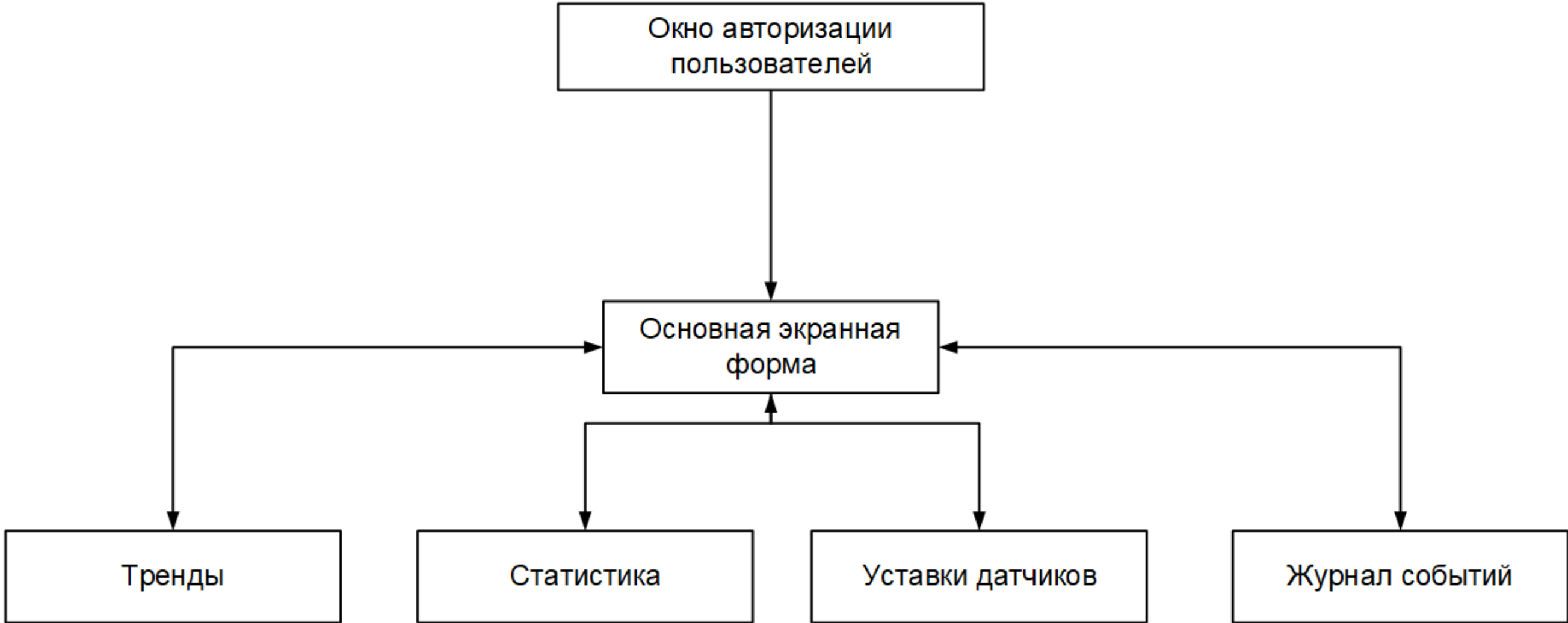
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

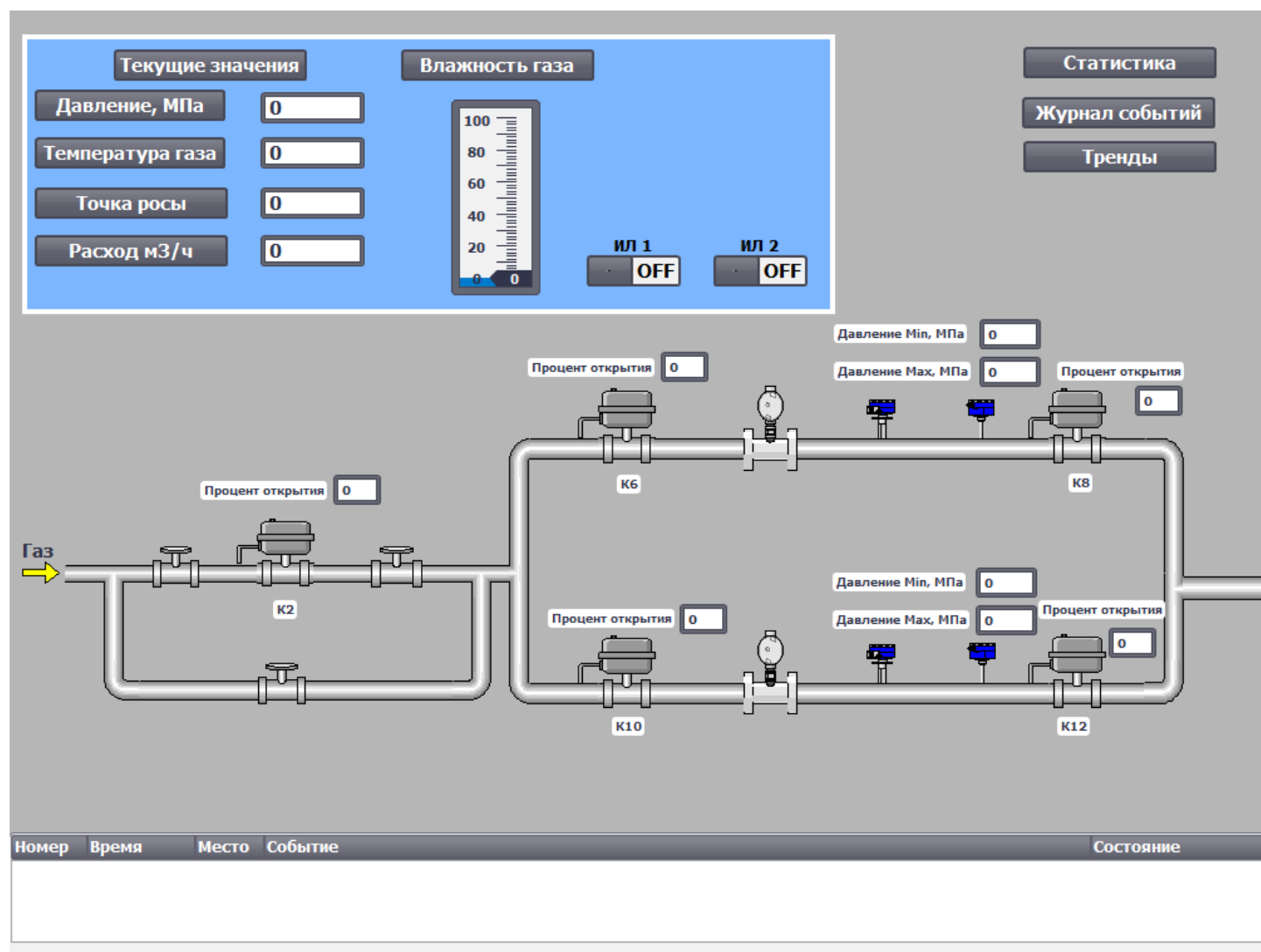
Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Яненц А.А.		
Проверил		Громаков Е.И.		
Т. Контр.				
Н. Контр.				
Утвердил				



					ФЮРА.425280.016				
					Дерево экранных форм				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Яненц А.А.							
Проверил		Громаков Е.И.							
Т. Контр.									
Н. Контр.					ТПУ ИШИТР Группа 8Т4А				
Утвердил									

Приложение Ж «Экранная форма АСУ»



Приложение 3 «Листинг программ»

```

1 IF "i11" = true THEN // Активирована ли первая измерительная линия
2   IF "k16_C" = true THEN // Клапан 6 закрыт?
3     "k16y" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в желтый
4     "k16_CO" := true; // Отправка команды на открытие клапана
5     "T1" := true; // Запуск таймера
6     IF "T1" = true THEN
7       "IEC_Timer_0_DB_1".TON(IN:="T1",
8         PT:=t#5s,
9         Q=>"T1o");
10    END_IF;
11    IF "T1o" = true AND "k16_O" = true THEN // Таймер отсчитался и клапан 6 открыт?
12      "k16g" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в зеленый
13      ELSE //Если клапан 6 не открылся
14        "k16r" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в красный
15        "k16m" := true; // формирование сообщения об аварии клапан
16      END_IF;
17    END_IF;
18
19  IF "k18_C" = true THEN // Клапан 8 закрыт?
20    "k18y" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в желтый
21    "k18_CO" := true; // Отправка команды на открытие клапана
22    "T2" := true; // Запуск таймера
23    IF "T2" = true THEN
24      "IEC_Timer_0_DB_1".TON(IN := "T2",
25        PT := t#5s,
26        Q => "T2o");
27    END_IF;
28    IF "T2o" = true AND "k18_O" = true THEN // Таймер отсчитался и клапан 8 открыт?
29      "k18g" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в зеленый
30      ELSE //Если клапан 8 не открылся
31        "k18r" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в красный
32        "k18m" := true; // формирование сообщения об аварии клапан
33      END_IF;
34    END_IF;
35  END_IF;
36
37  IF "k16_O" = true AND "k18_O" = true AND "k12_C" = true THEN //Если клапаны 6 и 8 открыты а клапан 2 закрыт
38    "k12y" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в желтый
39    "k12_CO" := true; // Отправка команды на открытие клапана
40    "T3" := true; // Запуск таймера
41    IF "T3" = true THEN
42      "IEC_Timer_0_DB_1".TON(IN := "T3",
43        PT := t#5s,
44        Q => "T3o");
45    END_IF;
46    IF "T3o" = true AND "k12_O" = true THEN // Таймер отсчитался и клапан 2 открыт?
47      "k12g" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в зеленый
48      ELSE //Если клапан 2 не открылся
49        "k12r" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в красный
50        "k12m" := true; // формирование сообщения об аварии клапан
51      END_IF;
52    END_IF;
53  END_IF;
54  IF "k16_O" = true AND "k18_O" = true AND "k12_O" = true THEN // Если клапаны 2,6,8 открыты
55    IF "TMP_1IL" > "TMP_1IL_HT" THEN // Сравнение температуры с максимально допустимой
56      "m1" := true; // отправление сообщение об ошибке
57    END_IF;
58    IF "TMP_1IL" < "TMP_1IL_LT" THEN // Сравнение температуры с минимально допустимой
59      "m2" := true; // отправление сообщение об ошибке
60    END_IF;
61    IF "PRS_1IL" > "PRS_1IL_HP" THEN // Сравнение давления с максимально допустимым
62      "m3" := true; // отправление сообщение об ошибке
63    END_IF;
64    IF "PRS_1IL" < "PRS_1IL_LP" THEN // Сравнение давления с минимально допустимым
65      "m4" := true; // отправление сообщение об ошибке
66    END_IF;
67  END_IF;
68 END_IF;
69 END_IF;
70
71 IF "i12" = true THEN // Активирована ли вторая измерительная линия
72   IF "k110_C" = true THEN // Клапан 10 закрыт?
73     "k110y" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в желтый
74     "k110_CO" := true; // Отправка команды на открытие клапана
75     "T4" := true; // Запуск таймера
76     IF "T4" = true THEN
77       "IEC_Timer_0_DB_1".TON(IN := "T4",
78         PT := t#5s,
79         Q => "T4o");
80     END_IF;
81     IF "T4o" = true AND "k110_O" = true THEN // Таймер отсчитался и клапан 10 открыт?
82       "k110g" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в зеленый

```

```

83      ELSE                                     //Если клапан 10 не открылся
84          "kl10r" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в красный
85          "kl10m" := true; // формирование сообщение об аварии клапан
86      END_IF;
87  END_IF;
88
89  IF "kl12_C" = true THEN // Клапан 12 закрыт?
90      "kl12y" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в желтый
91      "kl12_CO" := true; // Отправка команды на открытие клапана
92      "T5" := true; // Запуск таймера
93      IF "T5" = true THEN
94          "IEC_Timer_0_DB_1".TON(IN := "T2",
95                                  PT := t#5s,
96                                  Q => "T5o");
97      END_IF;
98      IF "T5o" = true AND "kl12_O" = true THEN // Таймер отсчитался и клапан 12 открыт?
99          "kl12g" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в зеленый
100     ELSE
101         //Если клапан 12 не открылся
102         "kl12r" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в красный
103         "kl12m" := true; // формирование сообщение об аварии клапан
104     END_IF;
105 END_IF;
106
107 IF "kl10_O" = true AND "kl12_O" = true AND "kl2_C" = true THEN //Если клапаны 10 и 12 открыты а клапан 2 закрыт
108     "kl12y" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в желтый
109     "kl12_CO" := true; // Отправка команды на открытие клапана
110     "T3" := true; // Запуск таймера
111     IF "T3" = true THEN
112         "IEC_Timer_0_DB_1".TON(IN := "T3",
113                                 PT := t#5s,
114                                 Q => "T3o");
115     END_IF;
116     IF "T3o" = true AND "kl2_O" = true THEN // Таймер отсчитался и клапан 2 открыт?
117         "kl12g" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в зеленый
118     ELSE
119         //Если клапан 2 не открылся
120         "kl12r" := true; // Окрасить пиктограмму клапана в красный
121         "kl12m" := true; // формирование сообщение об аварии клапан
122     END_IF;
123 END_IF;
124 IF "kl10_O" = true AND "kl12_O" = true AND "kl2_O" = true THEN // Если клапаны 2,10,12 открыты
125     IF "TMP_2IL" > "TMP_2IL_HT" THEN // Сравнение температуры с максимально допустимой
126         "m5" := true; // отправление сообщение об ошибке
127     END_IF;
128     IF "TMP_2IL" < "TMP_2IL_LT" THEN // Сравнение температуры с минимально допустимой
129         "m6" := true; // отправление сообщение об ошибке
130     END_IF;
131     IF "PRS_2IL" > "PRS_2IL_HP" THEN // Сравнение давления с максимально допустимым
132         "m7" := true; // отправление сообщение об ошибке
133     END_IF;
134     IF "PRS_2IL" < "PRS_2IL_LP" THEN // Сравнение давления с минимально допустимым
135         "m8" := true; // отправление сообщение об ошибке
136     END_IF;
137
138 END_IF;
139 END_IF;

```